



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA EN
MINERÍA SUBTERRÁNEA”: una revisión de la
literatura científica

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería de Minas

Autores:

Jimmy Gerardo Cueva Romero

Jhonny Alex Arana Cabrera

Asesor:

Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez

Cajamarca - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor *Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez*, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería de Minas, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del (los) estudiante(s):

- *Jimmy Gerardo Cueva Romero*
- *Jhonny Alex Arana Cabrera*

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: *Caracterización Geomecánica en Minería Subterránea": Una Revisión de la Literatura Científica* para aspirar al grado de bachiller por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez

Asesor

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr(a) *Grado Académico y el nombres y apellidos del director o coordinador de carrera*, ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): *Jhonny Alex Arana Cabrera y Jimmy Gerardo Cueva Romero*, para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: *Caracterización Geomecánica en Minería Subterránea: Una Revisión de la Literatura Científica*

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido expresa:

Aprobado

Calificativo: Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Evaluador

DEDICATORIA

A nuestras familias:

Dedicado a nuestros amados hijos, por haber sacrificado su tiempo de familia para poder apoyarnos sin exigencias; a nuestras esposas, por haber sido parte activa de esta lucha constante, por su perseverancia, por demostrar un gran apoyo en todos los sentidos de la vida, por entendernos, comprendernos, pero sobre todo por su amor, gracias por enseñarnos a nunca desmayar.

Jimmy y Jhonny.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por habernos dado una familia, amigos y compañeros que, a lo largo de nuestra realización como profesional en esta apasionante carrera de ingeniería de minas, siempre nos han dado ese aliento y apoyo para poder seguir adelante y nunca decaer.

Agradecemos también a nuestros maestros en especial consideración al Ing. Shonel Cáceres Pérez y a la Ing. Yuling Quispe Arones, quienes ha sido abierto a responder nuestras dudas académicas sacrificado su tiempo logrando que nos enamoremos de nuestras carreras.

Jimmy y Jhonny.

Tabla de contenido

	Pág.
ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	14
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	19
REFERENCIAS	21
ANEXOS	23

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Resultados de búsqueda sistemática.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Año de publicación de los documentos analizados.	16
Figura 2: Tipo de documentos analizados.....	17
Figura 3: Tipo de base de datos empleadas.....	17
Figura 4: Tipo de documentos analizados.....	18
Figura 5: Departamento de origen de procedencia del documento dentro del territorio nacional.....	18

RESUMEN

La caracterización geomecánica permite evitar y/o disminuir los incidentes/accidentes por caída de rocas, utilizando las herramientas, a fin de controlar la estabilidad de rocas, estableciendo tipos de sostenimiento en las diferentes labores mineras y garantizando la estabilidad de la masa rocosa, con el fin de brindar una operación segura y de calidad. En labores subterráneas se presentan agrietamientos de los macizos rocosos, lo se manifiesta la pérdida de su estabilidad y el mecanismo de actuación de la presión, esto se determina mediante la geo mecánica. El objetivo de esta investigación fue analizar los estudios teóricos sobre la caracterización geomecánica en minería subterránea, entre los años 2013-2019; para ello se usaron las bases de datos Redalyc, Scielo y repositorios de universidades nacionales e internacionales. Se consideraron los documentos publicados en los últimos 6 años, en idioma español, los términos de inclusión fueron geomecánica, minería subterránea, RMR, RQD y estabilidad. El método de análisis fue Literature Mapping. Una de las limitaciones fue la variabilidad del tipo en roca en cada unidad minera. Las clasificaciones geomecánicas más comunes en el macizo rocoso son la de Bieniawski o RMR, el Índice de la Calidad de Roca (RQD) y el Índice de Resistencia Geológica (GSI).

PALABRAS CLAVES: Geomecánica, minería subterránea, RMR, RQD, macizo rocoso.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación científica, se efectúa con el propósito de contribuir conocimiento académico ya existente acerca de la aplicación de la geomecánica como un método sistemático para determinar la estimación de la caracterización geomecánica en minería subterránea, mediante la clasificación de Q de Barton y el RMR de BIENIAWSKI.

Actualmente la minería es sin duda una de las actividades con mayor riesgo que las personas realizan, constantemente se reportan accidentes en el interior de las labores subterráneas por caída de rocas, es por eso que es necesario cuestionarse ¿Qué se conoce sobre la caracterización geomecánica en minería subterránea durante los años 2013-2019?, para poder entender los fenómenos asociados a los esfuerzos del macizo rocoso, ya que según estudios estadísticos el 23% de los accidentes ocurridos en minería subterránea son accidentes fatales por inestabilidad de las rocas, ocasionando pérdidas, económicas, productivas y humanas (Valeriano, 2015).

El objetivo

La minería subterránea, constituye una de las actividades más riesgosas en relación con las operaciones y seguridad de los trabajadores, ya que la alteración del macizo rocoso, la geología, factores exógenos y endógenos en relación con sus esfuerzos, suman un problema grave de inestabilidad frente a una excavación, es por eso que en los trabajos subterráneos es imperante y necesario garantizar la estabilidad de estas excavaciones (Barreto & Sáenz, 2018).

Cuando se realiza excavaciones subterráneas para la explotación de yacimientos minerales, las tensiones naturales existentes se desequilibran y se presenta un reacomodo de

estas tensiones y deformación, lo cual podría producir rotura en algunas zonas circundantes a las excavaciones, la cual debe ser controlada (Yance, 2014).

La clasificación geomecánica de rocas en minería subterráneas, garantiza la instalación adecuada de las fortificaciones de las labores (Crespo, 2013).

Por ello, la geomecánica juega un papel muy fundamental en la minera, específicamente en la estabilidad de la masa rocosa, esto por las fracturas en la roca que existen como consecuencia de las operaciones mineras. La geomecánica permite establecer dimensiones adecuadas de las labores mineras, establecer la dirección general de avance del minado a través del cuerpo mineralizado, especificar el sostenimiento adecuado, asegurar el rendimiento adecuado de la masa rocosa involucrada con las operaciones, etc (Sagasetta, 2001).

Muchas veces en las labores subterráneas, el macizo rocoso aparece como un conjunto de bloques irregulares, separados por diaclasas, fallas o fracturas geológicas, por ello la caracterización geomecánica de los macizos rocosos es compleja; pues debe incluir tanto las propiedades de la matriz rocosa así como de las discontinuidades (Mena, 2013).

Una de las herramientas principales para conocer el comportamiento de los macizos rocosos, son los estudios geomecánicos, los cuales ayudan a conocer las características e inferir el comportamiento de estas en relación con sus esfuerzos, conforme se avanza una excavación (Córdova, 2014).

En las minas subterráneas se presentan deformaciones, niveles de presiones, tensiones, aberturas, cunas inestables, sin embargo, en su mayoría las mantienen autosoportadas, sin considerar mejorar el sostenimiento, es allí donde interviene la

caracterización geomecánica que determina la calidad de la roca y la asocia con el sostenimiento (Cruzado, 2017).

Para un mejor análisis en labores subterráneas se recomienda realizar mapeos geotécnicos; caracterización, clasificación geomecánica y zonificación geomecánica del macizo rocoso; y, evaluar de las condiciones de presencia del agua y de los esfuerzos in-situ (Saavedra, 2016).

La formulación del problema de esta investigación fue: ¿Qué se conoce sobre la caracterización geomecánica en minería subterránea durante los años 2013-2019? Para responder a esta interrogante se planteó como objetivo: analizar los estudios teóricos sobre la caracterización geomecánica en minería subterránea, entre los años 2013-2019.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Este estudio fue una revisión sistemática de literatura científica, que se define como una manera de analizar e interpretar los estudios teóricos disponibles relevantes referentes a un tema de estudio específico. Los artículos científicos que contribuyen a una revisión sistemática se denominan estudios primarios, sin embargo, una revisión sistemática se considera un estudio secundario ya que se complementa de varios estudios primario (Rodríguez, Zafra y Quintero, 2015).

La pregunta de la investigación fue ¿Qué se conoce sobre la caracterización geomecánica en minería subterránea durante los años 2013-2019?

Para la selección de documentos de análisis se consideró los estudios realizados desde el 2013 hasta el 2019 con la finalidad de evaluar teoría actualizada, en idioma español para su mayor entendimiento. Los documentos analizados fueron investigaciones científicas presentados en artículos procedentes de universidades internacionales, nacionales y locales,

asimismo se ha incluido el análisis tesis de maestría y de pregrado. De cada documento se ha analizado principalmente el análisis geomecánico, y se plasmaron en el capítulo de resultados.

Los documentos analizados se buscaron en fuentes de información Redalyc, Scielo y el repositorio de la Universidad Privada del Norte, para mayor confiabilidad de datos.

La búsqueda de información se realizó mediante la combinación de las palabras claves que son: geomecánica, minería subterránea, RMR, RQD y estabilidad. Se encontraron 1 artículos científicos referentes a distintas herramientas industriales enfocadas en caracterización geomecánica en minería subterránea.

De cada documento se leyó el resumen, objetivos, metodología, resultados y conclusiones, y con ello se elaboró una interpretación personal presentada en resultados, para ello se utilizó la tabla 1 donde se detalla en cada columna el autor, al año de publicación, fuente y el resumen propio del documento.

Se ha descartado los documentos que no han sido publicados en una base de datos confiable y estudios aplicados a otra industria ajenas a la minería.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la Tabla 1, se presentaron los 10 estudios resumidos enfocados en la caracterización geomecánica en minería subterránea, en ella también se detalla el autor, año, fuente y resumen.

Tabla 1
Resultados de búsqueda sistemática.

Autor	Año	Fuente	Resumen
Saavedra	2016	http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104578	Aplicó el modelo de Superposición de Campos Básicos para evaluar la geomecánica, a fin de lograr una comprensión que permita obtener un diseño de la red de estaciones de medición de manera "óptima". La elección de los Campos Básicos podría integrar la no homogeneidad del macizo rocoso, u otros que no se ha considerado en esta memoria y que mantienen la linealidad del problema.
Recio	2014	oa.upm.es/33131	Explicó que sin una evaluación geomecánica puede ocurrir la rotura de pilares de carbón. En el caso de la determinación de fallo de pilares, el clasificador se ha mostrado útil en los espacios ALPS SF-CMRR y H-ARMPS SF, donde H es la profundidad de la mina y los parámetros ALPS SF y ARMPS SF son los factores de seguridad calculados mediante las metodologías ALPS [131, 130] y ARMPS [125] para el dimensionamiento de pilares de carbón.
Crespo	2014	http://www.ds.pace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6101	Dimensionó las labores subterráneas a los frentes y extracción del mineral requerido. De acuerdo al análisis geomecánico se determinan valoraciones técnicas, operativas, económicas y ambientales, se determinó como resultado final que los sistemas más convenientes a utilizar son cámaras y pilares combinado con Corte y relleno.

Córdova	2014	http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/595	Trató de sistematizar la metodología de la aplicación de la geomecánica al minado subterráneo, buscando alternativas de solución a los problemas geomecánicos encontrados en esta mina.
Bustamante	2014	http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/591?locale=en	Analizó el estudio geomecánico y de un sostenimiento adecuado de labores mineras, tales como: Pernos de anclaje, cable bolting, shotcrete por vía seca - vía húmeda y la malla metálica, con ello realizó el planeamiento estratégico.
Mena	2014	http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1753	Realizó su plan de mina de la mano con la evaluación geomecánica e incrementó el 30% en la producción total con la entrada en operación de la veta Dulce (zona Coila). Presentó los estudios geomecánicos que permiten diseñar el método de minado de Corte y Relleno Ascendente.
Cruzado	2017	http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1420	Evaluó la parte geomecánica a través de la matriz geomecánica donde se pudo obtener datos del macizo rocoso y determinar su clasificación geomecánica en cada estación, clasificándola como una roca tipo II (buena calidad) y roca tipo III (regular calidad), para lo cual se debe reforzar con pernos cementados de 2.10m colocados puntualmente (roca tipo II) y pernos cementados de 2.10m con espaciado 1.80 x 1.80m (roca tipo III).
Cipriano y Marín	2018	http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13943	En su estudio geomecánico determinó la resistencia a la compresión de la roca con el uso del martillo Schmidt en campo, el ángulo de fricción de la roca, la densidad de la roca y aplicó las clasificaciones de Bieniawski, Barton y Hoek, para obtener los dominios geotécnicos utilizando programas computacionales de Rocscience como son, el software Dips y Unwedge.
Barreto y Sáenz	2018	http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13693?show=full	Mediante la geomecánica determinó el Q' de Barton de la labor. La densidad promedio de la unidad litológica y del cuerpo mineral muestra un valor de 26.2KN/m ³ . Definió una moderada calidad del macizo rocoso a través del mapeo geomecánico en arco rebatido, a través de la visualización directa y toma de datos con el peine de Barton y el martillo Schmidt.
Yance	2014	http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1333/TESIS	Realizó mapeo geomecánico para su posterior clasificación del macizo rocoso como el RMR de Bieniawski y Q de Bartón, para poder determinar la familia de discontinuidades aplicando el programa Dips y determinar el indica de calidad de roca RQD.

Tomando en cuenta los estudios descritos en la tabla 1 se clasificó la información en las figuras siguientes:



Figura 1: Año de publicación de los documentos analizados.

Fuente: Elaboración propia, (2019).

En la figura 1, se muestra que los 60% de los documentos analizados han sido publicados en el año 2014, el 10% fueron publicados en el año 2016, el 10% fueron publicados en el año 2017 y el 20% fueron publicados en el año 2018.

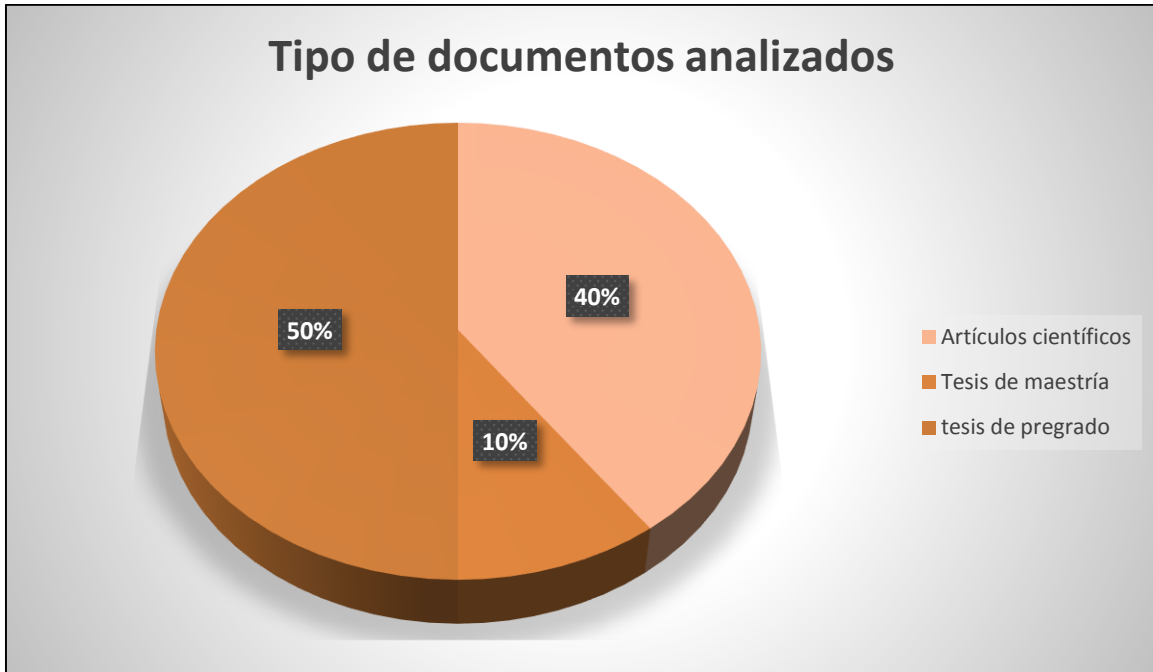


Figura 2: Tipo de documentos analizados.
Fuente: Elaboración propia, (2019).

En la figura 2, se muestra que el 40% de los documentos analizados son artículos científicos, el 10% fueron tesis de maestría y el 50% fueron tesis de pregrado.

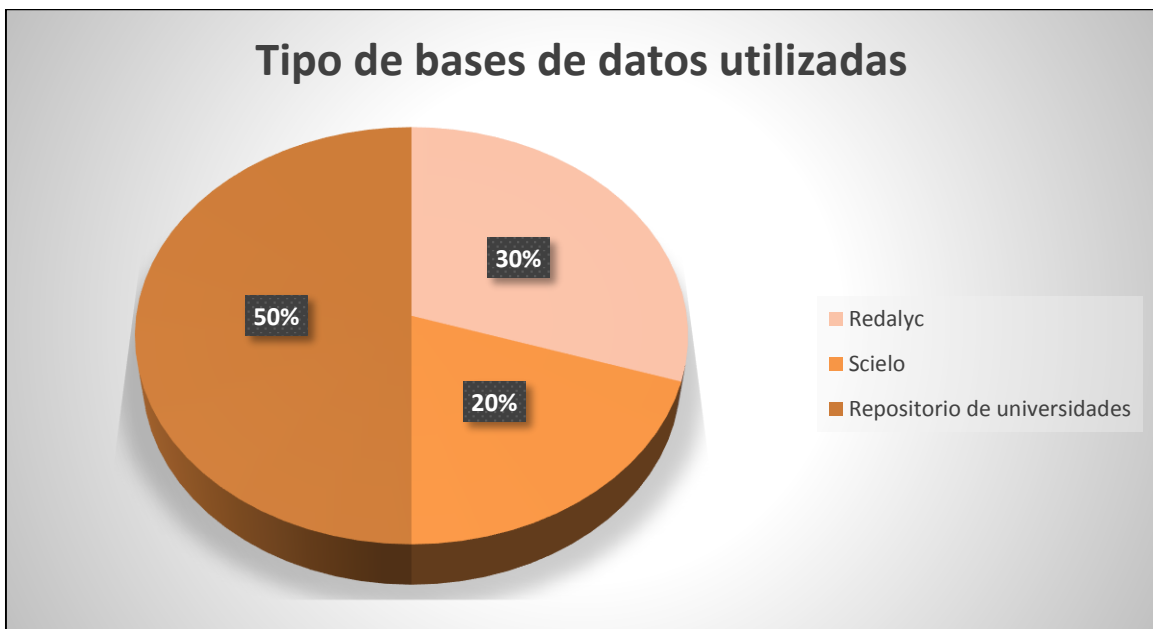


Figura 3: Tipo de base de datos empleadas.
Fuente: Elaboración propia, (2019).

En la figura 3, se muestra que el 30% de los documentos analizados han sido buscados en redalyc, el 20% han sido buscados en Scielo y el 50% ha sido buscado en el repositorio de universidades.

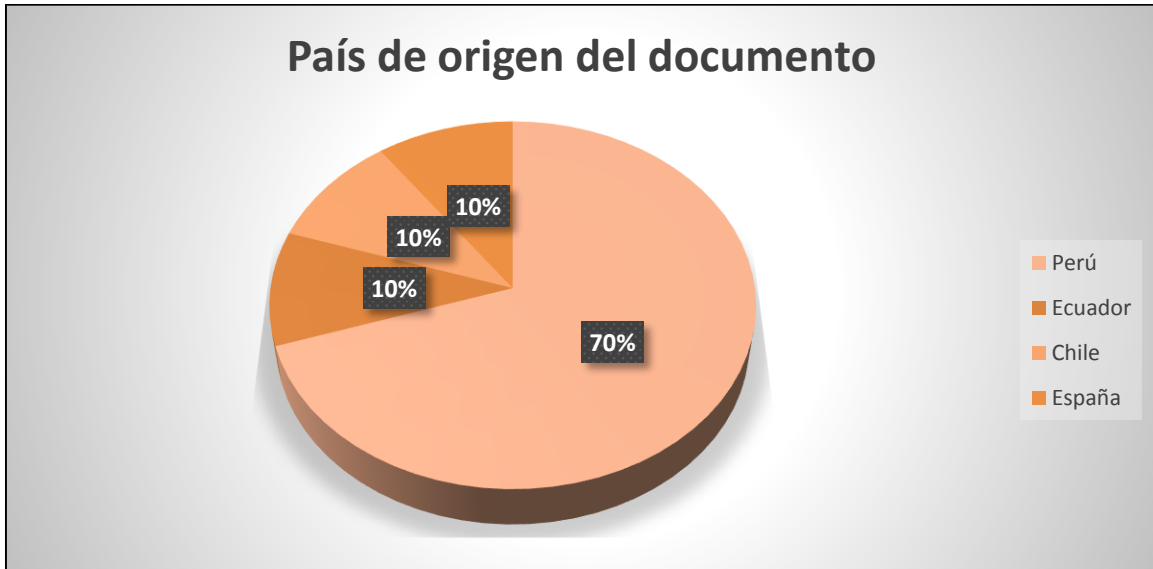


Figura 4: Tipo de documentos analizados.

Fuente: Elaboración propia, (2019).

En la figura 4, se muestran los países de origen de los documentos analizados, el 70% procedió de Perú, el 10% de España, el 10% de Chile y el 10% de Ecuador.

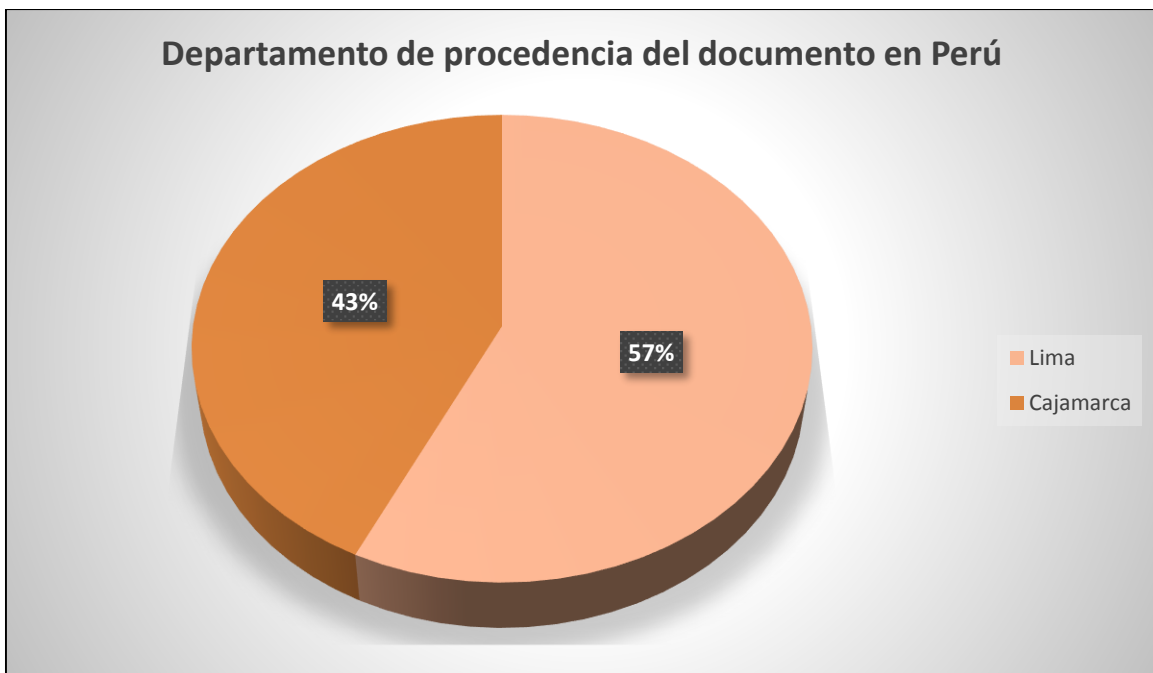


Figura 5: Departamento de origen de procedencia del documento dentro del territorio nacional.

Fuente: Elaboración propia, (2019).

En la figura 5, se muestran los departamentos peruanos de origen de los documentos, se evidencia que el 43% proceden de Cajamarca de la Universidad Privada del Norte y de la Universidad Nacional de Cajamarca y el 57% de los estudios proceden de Lima de la Pontificia Universidad Católica del Perú, de la Universidad Nacional de Ingeniería y de la Universidad Mayor de San Marcos.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La búsqueda se ha realizado en el periodo 2013 a 2019, donde se ha encontrado 10 estudio.

Lo que se conoce de la caracterización geomecánica en minería subterránea es que, el procedimiento regular para evaluar y controlar el comportamiento del macizo rocoso frente a las aberturas de las explotaciones mineras, es utilizar los métodos empíricos de sostenimiento y si es posible realizar simulaciones del comportamiento tenso-deformacional del macizo rocoso circundante a las aberturas, tal como lo explican Cipriano & Marin (2018), Bustamante, (2013), Barreto & Sáenz, (2018).

Los sistemas de clasificación de macizos rocosos se enfocan en proveer seguridad, economía, desempeño, y conformidad durante la construcción y operación de una excavación subterránea (Córdova, 2014), (Valeriano, 2015) y (Yance, 2014).

Las clasificaciones geomecánicas más comunes en el macizo rocoso son la de Bieniawski o RMR, el Índice de la Calidad de Roca (RQD) y el Índice de Resistencia Geológica (GSI) (Campos, 2016). Para la determinación de los parámetros de resistencia del macizo rocoso se usó comúnmente el Criterio de Falla de Hoek & Brown y la propuesta de Hoek & Diedericks (Cruzado, 2017).

La implicación de la geomecánica tiene que ver con el comportamiento del macizo rocoso frente a las aberturas que se realizarán para poder obtener la cantidad de mineral deseada. En términos generales se puede entender que al producirse un trabajo minero, se tendrá que acompañar con un estudio de riesgo sobre la probabilidad de inestabilidad de la roca durante la explotación (Recio, 2014).

Conclusiones

De la revisión de la literatura científica realizada en este documento se entendió que, en la minería subterránea, la geomecánica, incluye tanto el modelo geológico, como el geomecánico, abarcando aspectos tales como, estructura del macizo, litología, contactos y distribución de litologías, geomorfología, cartografía geológica, estudio hidrogeológico, levantamiento de discontinuidades, técnicas geofísicas, sondeos, ensayos in situ, de laboratorio, clasificaciones geomecánicas, entre otros. Convirtiéndose la caracterización geomecánica de los macizos rocosos en una herramienta indispensable para pronosticar su comportamiento.

REFERENCIAS

- Barreto, F., & Sáenz, D. (2018). Diseño Geomecánico de la Labor Subterránea Pozos Ricos Aplicando el Método Gráfico de Estabilidad de Mathews, Hualgayoc – Perú 2018. (*tesis de pregrado*). Hualgayoc, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13693/Barreto>
- Bustamante, A. (2013). Geomecánica Aplicada en la Prevención de Pérdidas por Caída de Rocas Mina Huanzalá-Cía. Minera Santa Luisa S.A. *Tesis de Maestría*, 133. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/591/1/bustamante_ma.pdf
- Campos, R. (2016). Resistencia a Compresión Uniaxial del Concreto $F'C=175 \text{ kg/cm}^2$ y $F'C=210 \text{ Kg/cm}^2$ al Reemplazar en 25%, 50%, 75% y 100% Desperdicios del Proceso Minero (Pebble) por Agregado Grueso. *Tesis profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream>
- Cipriano, R., & Marin, E. (2018). Propuesta de Sostenimiento en Base a la Caracterización Geomecánica de la Galería Nv. 9, Unidad Minera Colquirrumi, Cajamarca, 2018. (*tesis de pregrado*). Hualgayoc, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13943>.
- Córdova, N. (2014). Geomecánica en el Minado Subterráneo Caso Mina Condestable. *Tesis para Obtener el Grado de Ingeniero de Minas*, 107. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/
- Crespo, J. (2013). Elección del Sistema de Explotación del Bloque R-Norte de la veta Santa Ana, Distrito Minero Zaruma-Portovelo. (*tesis de pregrado*). Portovelo, Ecuador:

Escuela Superior Politecnica del litoral. Obtenido de
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6101>

Cruzado, P. (2017). Evaluación Geomecánica del Túnel de la Central Hidroeléctrica Potrero - San Marcos - Cajamarca. (*tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream>

Mena, A. (2013). Planeamiento de Minado Subterráneo para Vetas Angostas: Caso Práctico; mina "Esperanza de Caravelí" de Compañía Minera Titán S.R.L. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1753>

Quispelema, C. (2016). Diseño De Explotación y Cierre De La Mina En La Cantera "Bloque IV", Ubicada en la Provincia De Pichincha. *Tesis Profesional*. Quito, Ecuador: Universidad Central de Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7145>

Recio, J. (2014). Aplicación de la Regresión Logística en la Predicción Empírica de Fenómenos Complejos en Obras Subterráneas: Squeezing y Rotura de Pilares de Carbón. (*tesis doctoral*). Madrid, España: Universidad Politecnica de Madrid. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/David_Recio/publication.

Saavedra, L. (2016). Diseño Óptimo de Experimentos para Estimar el Campo de Esfuerzos en el Macizo Rocoso en Torno al Frente de Avance de una Cavidad Minera. (*tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104578>

- Sagaseta, C. (2001). A General Analytical Solution for the Required Anchor Forcé in Rock Slopes with Toppling Failure. *Int. Journal Rock*. California, Estados Unidos: Int. Journal Rock. Recuperado de <http://oa.upm.es/722/1/04200507.pdf>
- Valeriano, F. (2015). Caracterización Geotécnica y Modos de Falla Estructural en el Talud en Roca del Cerro Espinal Juliaca. *Tesis Profesional*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado el 25 de Agosto de 2017, de <http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2297>
- Yance, E. (2014). Estudio geomecánico en el diseño de malla de perforación del crucero 300, nivel 16 en la compañía minera Casapalca S.A. (*tesis de pregrado*). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1333/TESIS%20_%20FIN

ANEXOS