



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“INFLUENCIA DEL TIPO DE BROCA Y PARÁMETROS DE PERFORACIÓN EN LA TRAYECTORIA DE LOS TALADROS EN LA PERFORACIÓN DIAMANTINA DE UNA UNIDAD MINERA. REVISIÓN SISTEMÁTICA ENTRE 2010-2020.”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería de Minas

Autores:

Erick Johan Altamirano Guzman

Hugo Martinez Leca

Asesor:

Mg. Ing. Heberth Alexander Diestra Cruz

Trujillo - Perú

2020



DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedicó a mis padres, por su apoyo incondicional y sabias enseñanzas, me formaron con valores necesarios para poder triunfar en la vida. Ellos son el principal motor para superarme cada día y ser mejor. A mis hermanos por aconsejarme a nunca rendirme y terminar las cosas que empecé.

Erick Johan Altamirano Guzman.

Dedico el presente trabajo a mi familia por estar siempre para mí, a pesar de los momentos difíciles, siempre me insistieron para ser mejor. Todos ellos son el motivo para esforzarme, siempre están a mi lado, son parte de mis triunfos y se los dedico a ellos.

Hugo Martínez Lecca.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme vida y gozar de buena salud. A mi familia ya que ellos son el pilar fundamental para poder seguir superándome cada día. Y finalmente a la plana docente de la Universidad Privada del Norte que gracias a sus enseñanzas están haciendo posible mi formación profesional.

Erick Johan Altamirano Guzmán

Primero quiero darle las gracias a Dios por hacer posible que viva este momento de estar apunto de concluir mi carrera profesional y por darme vida. A mi familia por apoyarme en todos los momentos. Al docente asesor Ing. Heberth Alexander Diestra Cruz por sus sabias enseñanzas durante el semestre.

Hugo Martínez Lecca.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	23
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	33
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:.....	25
Tabla 2:.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos en Google Académico.	15
Figura 2: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos en Microsoft Academic.....	17
Figura 3: Diagrama de flujo de la búsqueda de artículos Biblioteca virtual UPN.....	19
Figura 4: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos en Ebescohost.....	20
Figura 5: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos en Scielo.....	21
Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de agrupación de los artículos incluidos, extracción y desarrollo de resultados.	24
Figura 7: Trayectoria de taladros de perforados.	31
Figura 8: Búsqueda de información en Google academic, con la palabra clave: Perforación diamantina.	42
Figura 9: Matriz de base de datos, para el control de los articulos.....	42
Figura 10: Busqueda de información en Biblioteca virtual UPN, con la palabra clave parámetros de perforación.	43
Figura 11: Búsqueda de información en Microsoft Académico, con la palabra clave: parámetros de perforación.	43
Figura 12: Búsqueda de información en EBESCOHOST, con la palabra clave: parámetros de perforación.....	43
Figura 13: Búsqueda de información en Scielo, con la palabra clave: perforación de pozos.	43

RESUMEN

El presente trabajo es producto de una revisión sistemática sobre la influencia del tipo de broca y parámetros de perforación en la trayectoria de los taladros en la perforación diamantina. Teniendo en cuenta que este es un problema común y sabiendo que todos los taladros tienen una ligera desviación, es importante enfocarse en este tema. El presente estudio tiene como objetivo analizar y dar a conocer el estado del arte del presente estudio. Para ello se hizo una búsqueda de información en base de datos confiables como: Google Académico, Microsoft Académico, EBESCOHOST, Biblioteca virtual UPN y Scielo. Inicialmente se pre seleccionaron 33 artículos, de los cuales 5 no contaron con el criterio de antigüedad y 1 no conto con el criterio de vínculo con nuestras variables de estudio, por lo que se procedió a descartarlos. Finalmente, para la elaboración del presente estudio se contó con 27 artículos. La principal conclusión a la que se llego es los parámetros de perforación y el tipo de broca tienen mucha importancia en la perforación, ya si se desconoce de ellos el resultado será una amplia desviación, pero si se aplica correctamente el taladro solo tendrá una ligera desviación, que es normal en las perforaciones.

PALABRAS CLAVES: diamond drilling, diamond drilling parameters, Parámetros de perforación, Perforación de pozos, Perforación diamantina, Trayectoria de pozos, Trayectoria de pozos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la necesidad de conocer las condiciones del perfil litológico y geológico del subsuelo a explorar ha generado el desarrollo de distintas tecnologías de perforación, siendo la perforación diamantina una de las más difundidas y aceptadas (Meléndez 2019). Esta tiene una importancia clave en la fase de exploración, ya que su objetivo final es obtener muestras de subsuelo a profundidades variables para acceder a la mayor información posible del macizo rocoso (Vigo 2014). Uno de los problemas recurrentes de la perforación diamantina es el alejamiento del punto objetivo debido al sentido de rotación de la sonda y a los diversos parámetros de perforación (Salas 2016).

En cuanto a la perforación de pozos estos pueden ser inciertos en la trayectoria que tomaran, es por ello que con frecuencia los perforadores deben lidiar con el problema de la desviación de trayectoria. Podemos decir que existe desviación cuando la dirección termina siendo diferente a la dirección planificada (Taco y Michelle 2018). No se tiene un amplio conocimiento sobre la causa de este problema, pero existen ciertos factores que contribuyen a un conocimiento como el tipo de broca a utilizar, el peso sobre la broca, la configuración del equipo y el tipo de formación rocosa a perforar. Conociendo el inicio y fin de la trayectoria del taladro perforado se logrará obtener su longitud real. (Vigo 2014)

La perforación de un pozo depende varios parámetros durante la operación, los cuales al ser aplicados de manera efectiva reducirán el tiempo de la perforación y consecuentemente los costos (Vigo 2014). Si estos parámetros son aplicados de una manera no adecuada afectara el rendimiento de la broca diamantina ocasionando un desgaste prematuro (Jorge C., Cesar R., Carmen P., Fernando G. 2015). La tasa de penetración, es una variable que indica la medida de la profundidad perforada en un determinado tiempo real el cual es influenciado por distintos parámetros como la formación que está siendo penetrada, el tipo

de broca utilizada, el peso aplicado sobre la broca, la velocidad de rotación de la broca, el fluido de perforación utilizado, entre otros (Andrade Parreño y Sarango Coello 2015). La consideración de estos parámetros y el tipo de formación rocos a perforar, maximizaran el ratio de penetración y la vida útil de la broca (Jara Cepeda, Quicalin Meléndez, y Correa Reyes 2010)

El registro de los parámetros de perforación es una técnica útil, que al ser aplicados de manera efectiva permitirán reducir la desviación, desgaste prematuro de broca y lógicamente los costos (Portilla, Suárez, y Corzo 2012). Cabe resaltar que todos los taladros presentan desviación. El conocimiento de la dirección de un pozo es fundamental al momento de actualizar los modelos de los yacimientos a perforar, así como para la planificación de perforación de los pozos vecinos y como podría afectar la desviación a estos. (Tafur 2019)

Se sabe que se ha realizado muchos trabajos referidos a perforación diamantina, pero no se sabe con claridad cuál es el efecto de los parámetros aplicados sobre la trayectoria, por esta razón y en base a trabajos previos es fundamental responder a la siguiente pregunta: ¿Qué influencia tiene los parámetros en la trayectoria de los taladros en perforación diamantina? Por lo cual el objetivo de la presente revisión sistemática es verificar la influencia de parámetros en la trayectoria de pozos de perforación diamantina entre los años 2010-2020. Al mismo tiempo analizar toda la información disponible.

La presente revisión sistemática se redacta con el fin de resumir toda la información existente y proporcionar una visión general de todos los estudios existentes de este campo. Para así conocer los últimos avances e investigaciones realizados sobre el tema de la presente revisión sistemática. Así mismo es importante mencionar que los equipos de perforación han evolucionado en los últimos años, dentro de los cuales tenemos: Mancore 600 se trata de un

equipo portátil que facilita su traslado y de uso en zonas alejadas. Versadrill kmN 1.4. tiene un diseño mejorado que le permite realizar trabajos a baja presión. Boart Longyear LF 230 esta es para pozos profundos. El avance de la tecnología conlleva a mejorar e innovar equipos, permitiendo realizar cualquier trabajo con eficiencia (Explomin 2019a).

Conjuntamente al surgir nuevos equipos y accesorios de perforación, también se ha descubierto nuevas técnicas como: perforación direccionada, perforación geotécnica, perforación de pozo inundado. Todas estas nuevas técnicas son diferentes unas de otras, pero tienen la misma finalidad que es obtener muestras del subsuelo (Explomin 2019b).

Por otra parte, un gran problema que aún no se resuelve es el atascamiento de tubería la cual va conectada a la broca, se forma cuando la tubería al estar en tensión y rotación va perforando la pared del pozo cuyo diámetro es aproximado al de la tubería, casi siempre termina en derrumbe (Cuba y Jesús 2017).

Es por ello que la revisión sistemática tiene gran importancia para descubrir los estudios recientes así mismo nos permite estar al tanto de todo lo que ocurre en diversos temas de interés a partir de una variedad de fuentes confiables. Conjuntamente potencia nuestra capacidad de análisis y de conocimiento continuo, para poco a poco despejar cualquier duda o inquietud.

Es importante mencionar que una buena aplicación de los parámetros no solo nos permitirá disminuir la desviación de dichos taladros, sino que también reducirá el tiempo de trabajo en cuanto a la perforación, y también nos permitirá aumentar el tiempo de vida de la broca y las barras de perforación, por lo tanto esto tendrá impacto en la parte económico - tiempo para la empresa, ya que al final tendrá menos gastos en accesorios para perforación y más tiempo para realizar más perforaciones de taladros. La forma correcta de emplear los

parámetros en la perforación de taladros también nos permitirá aumentar la seguridad para todo el personal que labora en dicha área.

En las diferentes bases de datos existe mucha información disponible para poder extraer lo mejor de cada uno de ellas, pero para un ingeniero se le haría difícil en poco tiempo analizar toda esa información. Es por eso que la presente revisión sistemática ayuda a los ingenieros, futuros ingenieros y a los mineros en general, a tener un resumen de la información más importante y relevante de los trabajos realizados en los 10 últimos años. Con la presente revisión sistemática queremos compartir información valiosa, para que todo el personal que labora en perforación diamantina, pueda estar al tanto de este problema que se presenta con mayor frecuencia, y también sirva de gran ayuda para que puedan informarse sobre la importancia de influencia de parámetros en la desviación de taladros.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La presente investigación teórica es del tipo revisión sistemática de la literatura científica. Estas se caracterizan por analizar y discutir las determinadas investigaciones, innovaciones tecnológicas y métodos que se han realizado para saber la influencia que tienen los parámetros de perforación en la trayectoria de los taladros en perforación diamantina.

Al momento de iniciar la búsqueda de información se tuvieron criterios de inclusión como: antigüedad no mayor a 10 años, es decir entre el año 2010 y 2020 debido a la accesibilidad y obtención de una información extensa. En la última década la tecnología fue mejorando, y en esta área no fue la excepción, además se tomó los últimos 10 años debido a que en este lapso de tiempo existe información actualizada en torno a la minería.

Otro criterio usado fue el idioma de publicación, considerando español e inglés por ser idiomas de dominio, esta ventaja nos permitirá entender con claridad ambos idiomas. También se consideró esto debido a que en estos idiomas se publican una mayor cantidad de investigaciones.

También se tuvo en cuenta la calidad y confiabilidad del artículo, esto debido a que en las plataformas virtuales abundan gran cantidad de información se tuvo cuidado para extraer artículos de fuentes confiables, para de esta manera podamos obtener un resultado valioso, que sirva de mucha ayuda al mundo minero en general.

Otro criterio a tener en cuenta fue el tipo de publicación, solamente se usó papers, tesis y artículos científicos para así acercarnos más a la realidad de una revisión sistemática. Se considero estos estudios ya que en ellos se publican datos reales y actualizados, también es importante mencionar que este tipo de publicaciones tienen un gran aporte para la sociedad, es por ello que se consideró este criterio.

Finalmente se tuvo en cuenta la relación directa de los artículos con el tema para garantizar una información extensa pero centrada. De esta manera enfocarnos solamente en nuestro tema de estudio.

La base de datos y bibliotecas virtuales consultadas para el estudio son las siguientes: Google Académico, Microsoft Académico, EBESCOHOST, Biblioteca virtual UPN y Scielo. Escogimos estas bases de datos porque muestra gran información en el área de ingeniería. Además, se tuvo en cuenta porque son confiables, contienen información relevante de cualquier tema y con contenido actualizado.

Para la búsqueda de información relacionada con el tema se utilizó el recurso de diferentes palabras claves como: diamond drilling, diamond drilling parameters, Parámetros de perforación, Perforación de pozos, Perforación diamantina, Trayectoria de pozos, Trayectoria de pozos. A partir de esto se consideró los documentos que tuvieron un vínculo con el tema tratado.

Se procedió a buscar información en las diferentes bases de datos. Primero en Google Académico (Ver figura 1), se insertó en el buscador las siguientes palabras: perforación diamantina, mediante esto se obtuvo 1510 resultados, para lo cual se seleccionó los artículos que en su título contenían las palabras claves insertadas y principalmente si tenían relación con el tema de estudio, ya que dentro de los 1510 resultados hubo estudios de diversos temas y áreas, considerando estudios a nuestro criterio se obtuvo los siguientes documentos: Estudio geotécnico y geognóstico del subsuelo mediante perforación diamantina; Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAIC; Perforación diamantina, muestreo y mapeo geológico del prospecto Tantamaco Corani-Carabaya-Puno; Estudio geológico y perforación diamantina del Skarn distal acejar, distrito San Antonio de Rondoní, provincia de Ambo, Departamento de Huánuco; Estudio

geológico y perforación diamantina del proyecto de exploración mina Marta Huando – Huancavelica. En la misma base de datos se insertó las siguientes palabras: perforación de pozos, mediante estas nuevas palabras se obtuvo aproximadamente 38 700 resultados, para seleccionar los artículos se tuvo en cuenta la relación con nuestro tema de estudio, a partir de ello se consideraron las siguientes investigaciones: Estudio de los problemas presentados durante la perforación de pozos direccionales con alto ángulo de inclinación en un campo del Oriente ecuatoriano; Aspectos de la perforación de pozos complejos en piedemonte en tiempos de crisis; Metodología para la optimización de parámetros de perforación a partir de propiedades geomecánicas; Diseño de trayectoria de perforación de pozos petroleros utilizando algoritmos genéticos. También se buscó artículos en inglés mediante las siguientes palabras claves: Diamond drilling, a partir de ello se tomó en cuenta los siguientes estudios: Drillability studies of surface-set diamond drilling in Zonguldak region sandstones from Turkey; Estimating drilling parameters for diamond bit drilling operations using artificial neural networks. También se insertó en el buscador Trayectoria de pozos, de la primera página se tomó los siguientes artículos: Diseño de la trayectoria de perforación de un pozo direccional en el Campo Sacha del Oriente Ecuatoriano; Medicion de la trayectoria de pozos de prospeccion geológica. Se considero estos artículos porque tenían vínculo con el tema de estudio.

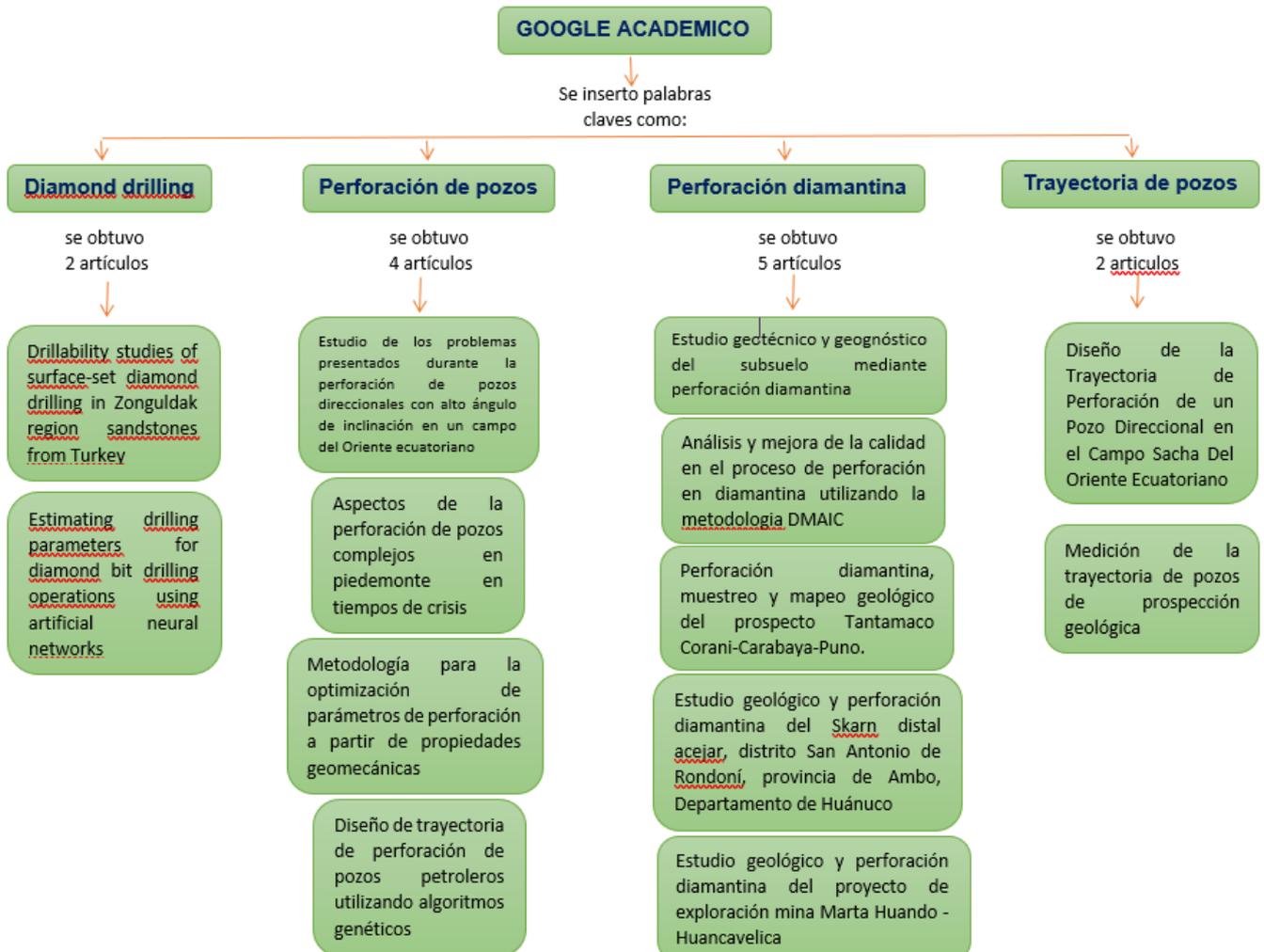


Figura 1: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos en Google Académico.

Así mismo se procedió a buscar información en la base de datos Microsoft Academic (Ver figura 2), aquí se empezó con la búsqueda de artículos en inglés, se introdujo las siguientes palabras: diamond drilling parameters, para ello se seleccionó los documentos que en su título contenían una relación con nuestro tema de estudio, estos documentos fueron los siguientes: Estimating Drilling Parameters for Diamond Bit Drilling Operations Using Artificial Neural Networks; Preliminary estimation of rock mass strength using diamond bit drilling operational parameters. Es preciso recalcar que hubo muchos estudios, pero en su mayoría eran referidos a otras áreas, es por ello que solamente se obtuvo dos artículos. Posteriormente se insertó en el buscador parámetros de perforación, para esta nueva palabra

clave se obtuvo muchos resultados, para lo cual también consideramos artículos que tuvieran relación con nuestro tema, en la página número 1 se obtuvo los artículos: Evaluación de los parámetros de perforación en barrenos y correlación con la geología del terreno; Optimización de parámetros de perforación con MSE e impacto en la construcción de un pozo en el campo Yarigui – Cantagallo; Análisis de la correlación entre los parámetros de perforación en pilotes in situ y su capacidad portante; en la página 2, se encontró los artículos de: Determinación de la correlación existente entre la tasa de penetración con los parámetros de perforación en la sección 8 1/2 pulgadas de pozos perforados en el campo Sacha a partir del año 2013; Monitoreo de parámetros de perforación para el control de la tendencia normal de compactación, en control de la zona de presión anormal durante la perforación de un pozo petrolero; Determinación de la resistencia compresiva no confirmada (UCS) de la roca a partir de parámetros de perforación, una aplicación en el piedemonte Colombiano. También se insertó la palabra: perforación diamantina, mediante esta palabra clave solo selecciono dos documentos: Sistema de perforación y sondaje para perforación diamantina; Optimización de costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la contrata minera Explim del Perú S.A. Unidad minera San Rafael – Puno, encontrados en la página número 1, en la página número 2 se encontró: Desarrollo e implementación de un nuevo plan de mantenimiento para equipos de perforación diamantina, hubo muchos documentos; Control de riesgos en trabajos de perforación diamantina, algunos no tenían vínculo alguno con el tema de estudio y otros documentos ya habían sido seleccionados de otra base de datos. Luego se descartaron los documentos que no cumplieron con los criterios de antigüedad, quedando 25 artículos después de aplicar este filtro, posteriormente se examinó la disponibilidad de los mismos, ya que por derechos de autor no se pudo acceder a ellos quedando 23 artículos, finalmente verificamos que dichos artículos contengan de manera directa las variables consideradas para el presente estudio, como resultado de este

último filtro se obtuvo 20 artículos, los cuales quedaron a nuestra disponibilidad para trabajar.

También se utilizó como base de datos Biblioteca Virtual UPN (ver figura 3), primeramente, se insertó en el buscador: trayectoria de taladros, como resultado solo

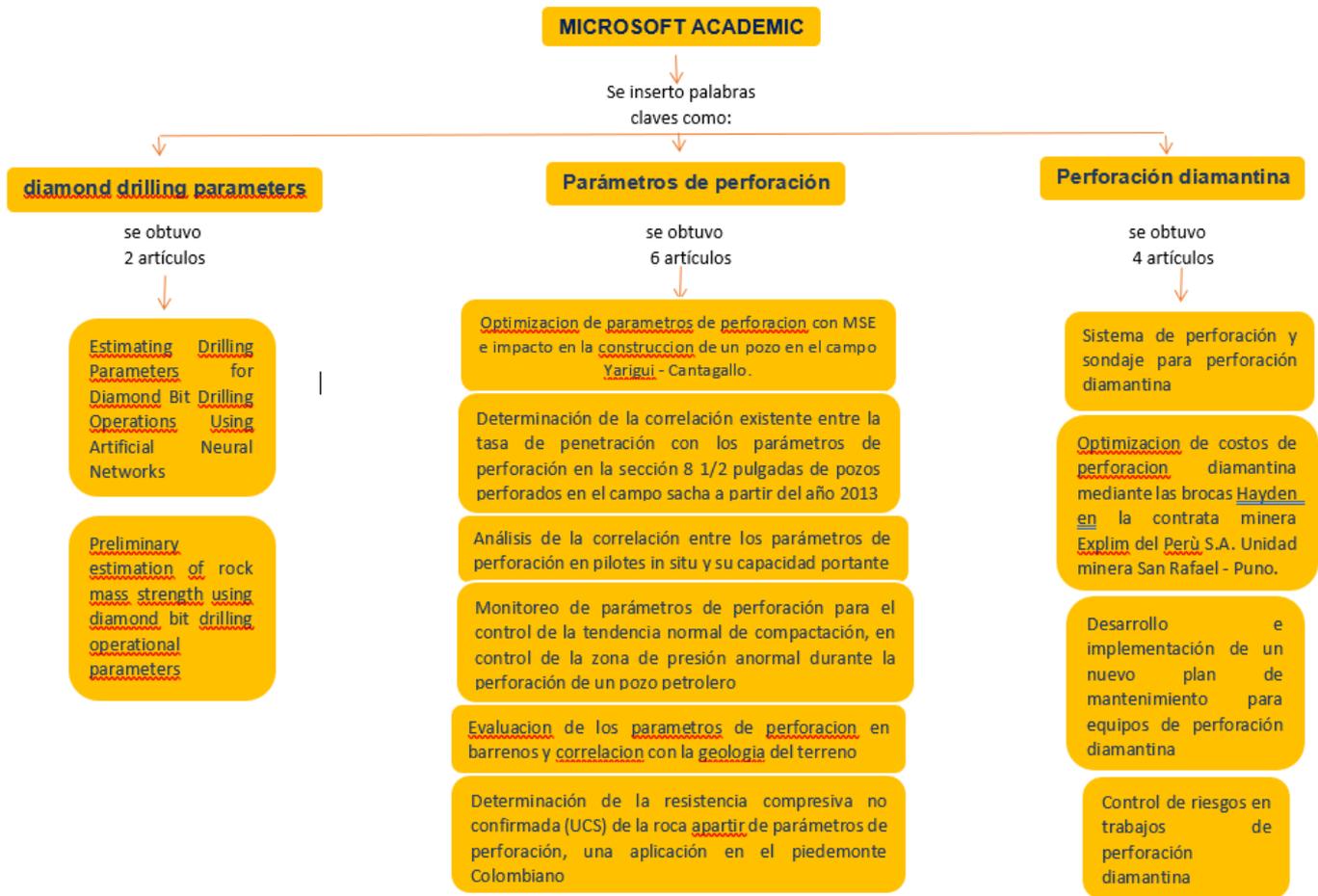


Figura 2: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos en Microsoft Academic

tomamos un artículo: Control de la trayectoria de taladros variando tipo de broca y parámetros de perforación con sistema diamantina, el cual tenía vínculo con el tema de estudio. Así como en las anteriores bases de datos, se introdujo más de una palabra clave para la búsqueda de información, en la Biblioteca Virtual UPN no fue la excepción, es por

ello que se introdujo la siguiente palabra clave: Parámetros de perforación, mediante esta palabra clave se seleccionó de la página numero 1 dos artículos: Optimización de fragmentación de rocas modificando los parámetros de perforación en la unidad minera Tacaza – Ciemsa; Optimización del porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos en rocas fracturadas, aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación y variando parámetros operacionales en minera condestable, 2016. Se introdujo una tercera palabra clave: perforación diamantina, a partir de ahí se seleccionó de la página numero 1 dos artículos: Selección y empleo de coronas impregnadas en la perforación diamantina; Estudio geológico y perforación diamantina del proyecto Atalaya, distrito de Huallanca, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash.

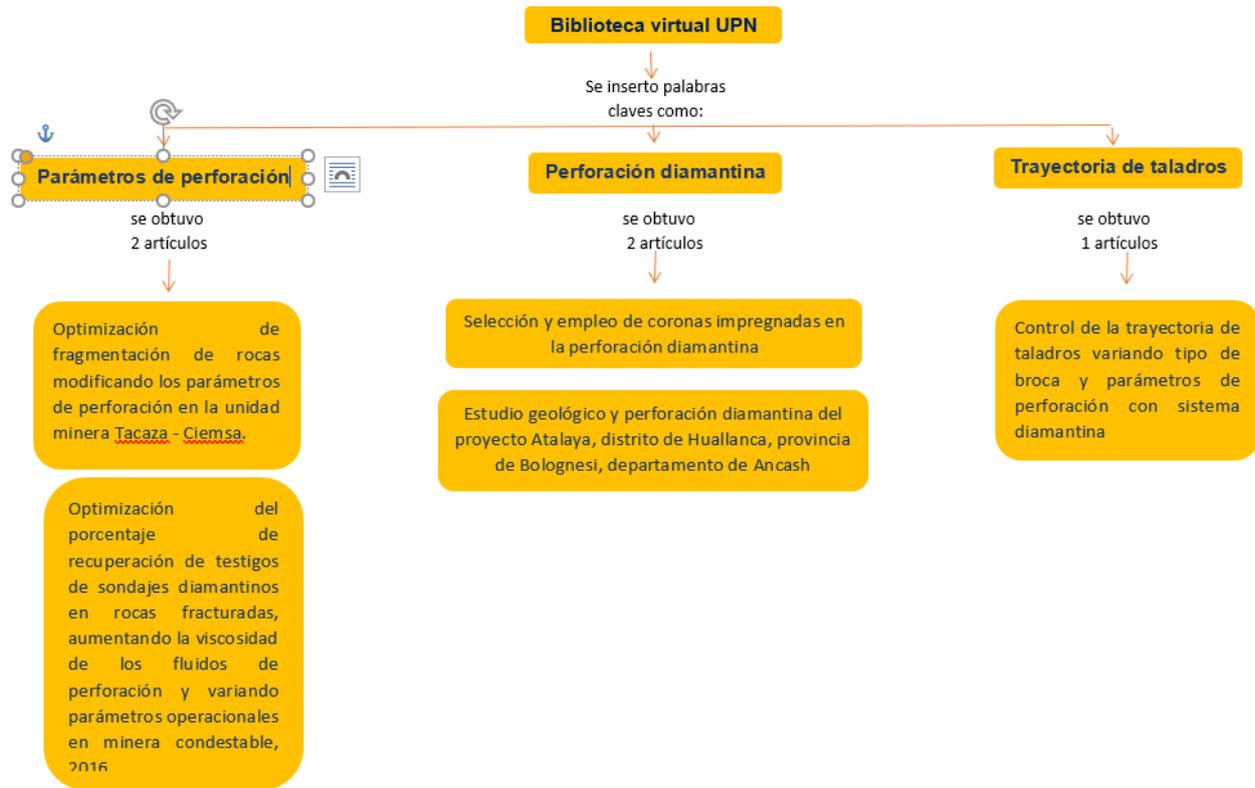


Figura 3: Diagrama de flujo de la búsqueda de artículos Biblioteca virtual UPN

Conjuntamente se utilizó la base de datos EBSCOHOST, se introdujo la palabra clave: parámetros de perforación, y se obtuvo de la página numero 1 los siguientes artículos: Evaluación de parámetros de perforación adquiridos en tiempo real en pozos J-HD sec 12 1/4 del campo VMC perforados del 2013 al 2016; Análisis técnico de variables y parámetros de perforación para garantizar la limpieza del hoyo en el campo Tiputini, Números 9 y 17 respectivamente, en la página 1.



Figura 4: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos en Ebscohost

Para finalizar la búsqueda se hizo uso de la base de datos Scielo (Ver figura 5), en el cual se introdujo la palabra clave perforación de pozos, en el cual se tomó solo un artículo de la primera página: perforación optimizada de pozos con un taladro de 1000 hp en los campos PBHI-MDC.

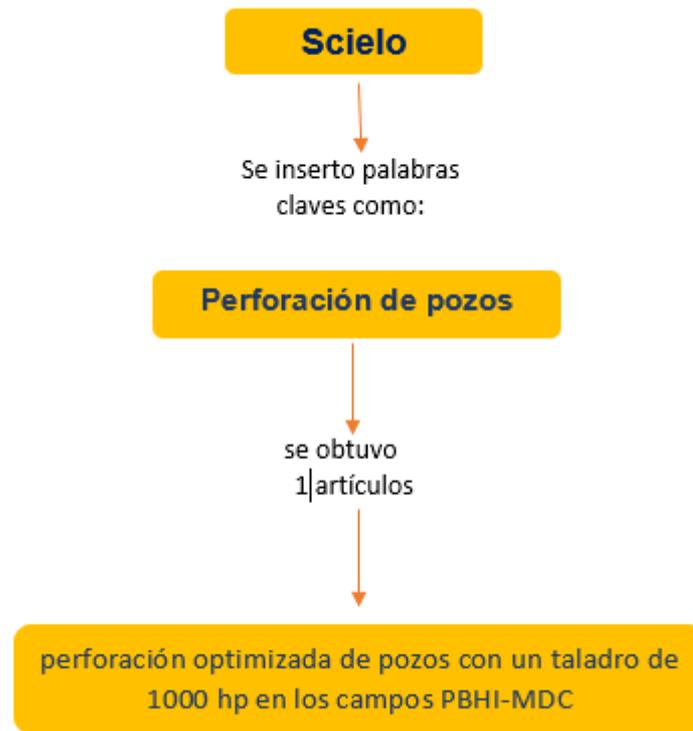


Figura 5: Diagrama de flujo de búsqueda de artículos en Scielo

Así mismo es importante mencionar que solo se revisó las primeras 6 páginas de cada base de datos, ya que mientras se avanza de página, el contenido va perdiendo relación con nuestro tema, mostrando estudios de otras áreas o rubros.

Mediante el proceso de búsqueda de información en las diferentes bases de datos se obtuvo 33 artículos, en este primer paso se aplicó el criterio de relación o vínculo general con nuestro tema de estudio, este criterio se usó de acuerdo a nuestro análisis de los estudios, principalmente en sus títulos y/o resumen. Para la etapa de búsqueda de información también se tuvo en cuenta el idioma de publicación.

A estos 33 artículos se le aplicó el criterio de antigüedad, es decir, se descartaron los artículos que no estaban dentro de los años 2010 y 2020, a partir de ello se descartaron los siguientes estudios: Estudio geotécnico y geognóstico del subsuelo mediante perforación diamantina, Estimating Drilling Parameters for Diamond Bit Drilling Operations Using

Artificial Neural Networks; Diseño de trayectoria de perforación de pozos petroleros utilizando algoritmos genéticos; Estimating drilling parameters for diamond bit drilling operations using artificial neural networks; Control de riesgos en trabajos de perforación diamantina. Estos 5 artículos no cumplieron con el criterio de antigüedad.

Finalmente se verificó que los 28 artículos restantes contengan de manera directa un vínculo con las variables consideradas para el presente estudio, se leyó y analizó minuciosamente cada uno de los artículos, con la aplicación de este filtro, se descartó: perforación optimizada de pozos con un taladro de 1000 hp en los campos PBHI-MDC.

Como resultado de la aplicación de los criterios antes mencionados se obtuvo 27 artículos a nuestra entera disposición para realizar la presente revisión sistemática.

Para extraer lo más importante de cada uno de los estudios se decidió hacerlo mediante un análisis detallado de cada uno de los artículos, fue un proceso lento pero seguro, ya que depende de ello, se pudo acceder al contenido a la información que nos hacía falta. Así mismo es importante decir que para extraer la información de cada artículo se hizo confiando en nuestra capacidad de entender y relacionar los estudios.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Durante el proceso de búsqueda de información mencionado anteriormente, en las diferentes bases de datos, se obtuvo un total de 33 artículos referentes al tema de investigación distribuidos así: Google Académico 13 artículos, Microsoft Academic 12 artículos, Biblioteca Virtual UPN 5 artículos, EBESCOHOST 2 artículos y Scielo 1 artículo. Posteriormente se aplicó el criterio de antigüedad descartando 5 artículos, luego se comprobó que existiera un vínculo directo con nuestras variables, para ello se examinó a detalle, leyendo por lo menos dos veces los documentos. Llegando a la conclusión de descartar solo 1 artículo, es así que al final contamos con 27 artículos.

Cabe señalar que hay varios estudios referidos al tema de investigación, en esta revisión sistemática solo se trabaja con 27 artículos, considerados los más relevantes enfocados en los últimos 10 años. También es importante mencionar que información de esta área es confidencial, permitiendo el acceso a personal que labora en ello. Es así que creemos que es un buen aporte trabajar con 27 artículos.

En seguida se procedió a agrupar los documentos según el tipo de estudio para ello se dividió los 27 artículos en papers y tesis, continuamente se realizó una lectura minuciosa de cada uno de ellos para poco a poco extraer las aportaciones más importantes. Para una mejor comprensión del proceso descrito se realizó el siguiente esquema. (Ver figura 1). En la figura se puede notar como se extrajo la información de manera estratégica. Esto nos permitió tener un información ordenada y jerarquizada.

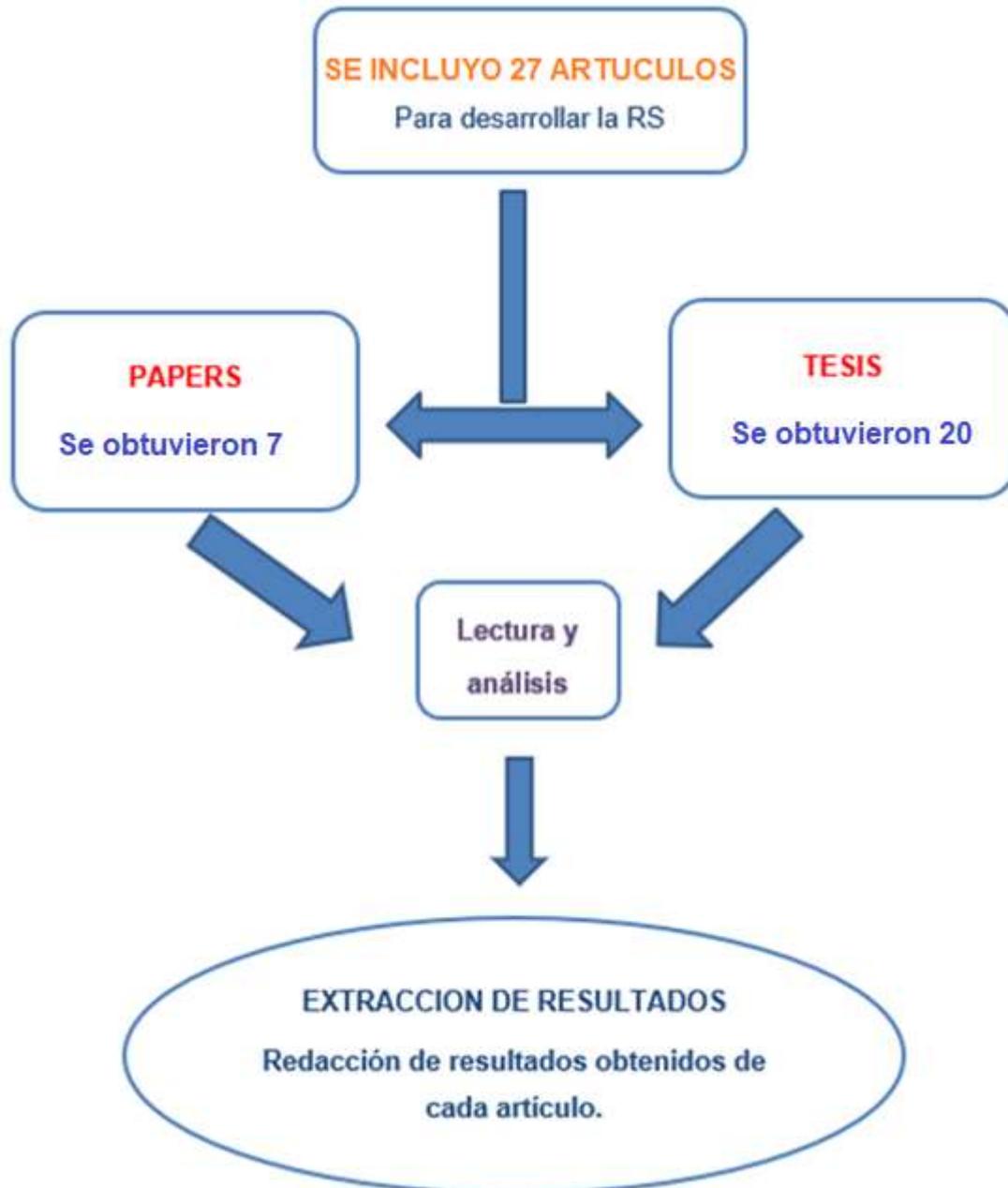


Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de agrupación de los artículos incluidos, extracción y desarrollo de resultados.

A continuación, se presenta los artículos considerados para la presente revisión sistemática (Ver tabla 1). Como se puede notar en la tabla tenemos artículos que van desde el 2010 al 2020 dónde muchos de ellos son documentos realizados en el Perú, lo que nos demuestra que nuestro país esta más especializado en esta área.

Tabla 1:

Artículos seleccionados para la revisión

N°	TÍTULO	AÑO	PAÍS
1	Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAIC	2016	Chile
2	Optimización de parámetros de perforación con MSE e impacto en la construcción de un pozo en el campo Yarigui - Cantagallo.	2014	Colombia
3	Estudio de los problemas presentados durante la perforación de pozos direccionales con alto ángulo de inclinación en un campo del Oriente ecuatoriano	2012	Ecuador
4	Aspectos de la perforación de pozos complejos en piedemonte en tiempos de crisis	2018	Canadá
5	Determinación de la correlación existente entre la tasa de penetración con los parámetros de perforación en la sección 8 1/2 pulgadas de pozos perforados en el campo Sacha a partir del año 2013	2015	Perú
6	Control de la trayectoria de taladros variando tipo de broca y parámetros de perforación con sistema diamantina	2019	Perú
7	Diseño de la Trayectoria de Perforación de un Pozo Direccional en el Campo Sacha Del Oriente Ecuatoriano	2017	Ecuador
8	Perforación diamantina, muestreo y mapeo geológico del prospecto Tantamaco Corani-Carabaya-Puno.	2015	Perú
9	Análisis de la correlación entre los parámetros de perforación en pilotes in situ y su capacidad portante	2015	Perú
10	Optimización de fragmentación de rocas modificando los parámetros de perforación en la unidad minera Tacaza - Ciemsa.	2019	Perú
11	Metodología para la optimización de parámetros de perforación a partir de propiedades geomecánicas	2012	Perú

12	Drillability studies of surface-set diamond drilling in Zonguldak region sandstones from Turkey	2010	Turquía
13	Sistema de perforacion y sondaje para perforacion diamantina	2015	España
14	Preliminary estimation of rock mass strength using diamond bit drilling operational parameters	2016	Canadá
15	Monitoreo de parámetros de perforación para el control de la tendencia normal de compactación, en control de la zona de presión anormal durante la perforación de un pozo petrolero	2014	Perú
16	Evaluación de los parámetros de perforación en barrenos y correlación con la geología del terreno	2016	Perú
17	Medición de la trayectoria de pozos de prospección geológica	2014	Perú
18	Evaluación de parámetros de perforación adquiridos en tiempo real en pozos J-HD sec 12 1/4 del campo VMC perforados del 2013 al 2016	2018	Ecuador
19	Optimización del porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos en rocas fracturadas, aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación y variando parámetros operacionales en minera condestable, 2016	2016	Perú
20	Análisis técnico de variables y parámetros de perforación para garantizar la limpieza del hoyo en el campo Tiputini	2017	Ecuador
21	Selección y empleo de coronas impregnadas en la perforación diamantina	2017	Perú
22	Estudio geológico y perforación diamantina del Skarn distal acejar, distrito San Antonio de Rondón, provincia de Ambo, Departamento de Huánuco	2017	Perú
23	Estudio geológico y perforación diamantina del proyecto de exploración mina Marta Huando - Huancavelica	2015	Perú

24	Determinación de la resistencia compresiva no confirmada (UCS) de la roca a partir de parámetros de perforación, una aplicación en el piedemonte colombiano	2012	Colombia
25	Estudio geológico y perforación diamantina del proyecto Atalaya, distrito de Huallanca, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash	2019	Perú
26	Optimización de costos de perforación diamantina mediante las brocas Hayden en la contrata minera Explomin del Perú S.A. Unidad minera San Rafael - Puno.	2019	Perú
27	Desarrollo e implementación de un nuevo plan de mantenimiento para equipos de perforación diamantina	2015	Perú

Lista de 20 artículos seleccionados de las bases de datos Google Académico, Microsoft Académico EBESCOHOST, Scielo y Biblioteca virtual UPN. Estos artículos permitirán analizar la influencia de los parámetros de perforación en la desviación de taladros.

En adelante se describe todos los hallazgos encontrados en los diferentes estudios seleccionados, para así dar respuesta a la pregunta de investigación.

Parámetros de perforación

La metodología MSE, propuesta por el Instituto Colombia de Petróleo, la cual trata básicamente en la optimización de perforación de pozos, está tiene una disminución en tiempo – costos, a partir de la evaluación y parámetros de perforación en tiempo real, esto nos puede garantizar un mejor desempeño en el proceso de perforación de pozos. Este es un método que se presenta como respuesta a las necesidades actuales del área, ya que nos permite evaluar la eficiencia y estabilidad de la energía consumida, como respuesta a la

combinación de parámetros de perforación, de esta manera se puede identificar las oportunidades de mejora. (Portilla, H., Mejilla, M., Suarez, D., Sara, H. 2015).

Existe una correlación lineal débil entre la tasa de penetración y los parámetros de perforación (flujo del fluido, carga sobre la broca, velocidad de rotación, ratio de penetración). La tasa de penetración nos indica a que profundidad se encuentra la perforación, es decir nos da la cantidad total perforada en un determinado tiempo, esta tasa de penetración es influenciado por los distintos parámetros de perforación antes mencionados. (Andrade, D. 2015).

Los parámetros de perforación en sistema diamantina tienen una gran influencia en la trayectoria de los taladros (desviación), es decir al variar o no aplicar correctamente los parámetros, también varía la trayectoria del taladro perforado. Así mismo también mencionar que los parámetros también repercuten en el azimut del taladro. Entonces podemos decir que los parámetros juegan un papel importante en la perforación de taladros, es por ello que siempre se debe tener en cuenta esto. (Mantilla, V. 2019).

La optimización de perforación de taladros, principalmente está enfocada en la disminución de la relación tiempo – costos. Esto es posible de lograr a partir de la evaluación de parámetros de perforación, utilizando como referencia la información de los taladros vecinos ya perforados, con el desarrollo de programas y procesos eficientes durante la perforación. Gracias al análisis de los parámetros aplicados en los taladros, se puede estimar la eficiencia mecánica del sistema, de esta manera se puede definir las zonas más críticas para implementar acciones de optimización de la perforación en taladros futuros. Recalcando que esto es posible con información registrada en la operación. (Portilla et al. 2012)

En el proceso de exploración de cuerpos mineralizados, se usa ampliamente la perforación diamantina, debido a la alta tasa de penetración, recuperación de núcleo y su

capacidad de perforar con una baja probabilidad de desviación. Es bien sabido que los parámetros operativos de la perforación diamantina están estrechamente vinculados con las propiedades de la resistencia de la roca, cuando se llega a obtener información de estas propiedades se puede planificar y ejecutar de acuerdo al terreno los parámetros. Teniendo en cuenta ello se podrá obtener buenos resultados en la perforación y hasta disminuir ampliamente la probabilidad de desviación. (Basarir, H., Karpuz, C. 2016).

En la perforación diamantina inicialmente se relaciona los parámetros operacionales con la resistencia o composición de las rocas, posteriormente se hace una comparación de los mismos y se aplica acorde a la zona que se requiere analizar. El uso de los parámetros de perforación en el análisis de una zona constituye una herramienta muy útil debido a su impacto económico y fácil aplicación. (Carrillo, D. 2012).

En la actualidad los perforadores han aprendido que existe una relación entre los parámetros y todos los demás factores en la perforación. Los parámetros de perforación diamantina se define por varias razones físicas llevadas a cabo en los equipos de perforación, estas inciden en la eficiencia de las mismas, conjuntamente estos parámetros dependen de un factor externo al sistema el cual es la dureza del macizo rocoso a perforar (Andrade Parreño y Sarango Coello 2015).

Perforación Diamantina

Los sondeos son una herramienta muy importante e indispensable en el rubro minero, especialmente en la exploración de cuerpos mineralizados, esta herramienta nos permite corroborar o desmentir nuestras interpretaciones. Se puede lograr esto ya que esta técnica nos permite obtener muestras solidas del subsuelo a diferentes profundidades, estas luego serán analizadas en un laboratorio. (Candori, C. 2015).

La perforación diamantina puede ser usada en una etapa muy temprana para comprobar cuerpos mineralizados y verificar las leyes. También puede ser usada en una etapa posterior para ampliar las reservas existentes o perforaciones de profundización para ubicar nuevas reservas minerales. (Zuñiga, C. 2017).

Con la ayuda de sondajes de perforación diamantina se puede localizar afloramientos de rocas. Es por ello que esta técnica es muy importante antes y durante de las actividades mineras, depende de ella para que un proyecto se lleve a cabo. También se puede decir que esta área está en continuo crecimiento, siendo el pilar fundamental para el desarrollo de la minería. (Ticona, J. 2015).

Para lograr una perforación adecuada se deben considerar los siguientes parámetros: flujo de fluido (gal/min), carga sobre la broca (lb), velocidad de rotación (rpm), ratio de penetración (pulg/min). Teniendo en cuenta que dichos parámetros van a variar de acuerdo al tamaño de la broca. También es muy importante considerar la dureza y abrasividad de la formación rocosa perforar. Cuidar estos parámetros no garantiza un buen rendimiento, debido a esto es vital tener en cuenta las condiciones recomendadas de operación como son: el uso de aditivos, control de fuerza de empuje y no sobrecargar la corona (Durexa Drilling 2019).

Trayectoria de pozos

La variación de los parámetros de perforación tiene relación directa con la trayectoria de los taladros (Ver figura 7) En esta figura se puede observar la diferencia de una correcta aplicación de parámetros lo que permite reducir la desviación (lado izquierdo) y una incorrecta aplicación de parámetros, lo que se verá afectado en la trayectoria (lado derecho). En base a los parámetros de perforación se puede diseñar la trayectoria de un pozo, utilizando la información de pozos vecinos ya perforados, se estima la eficiencia mecánica del sistema

para la perforación de pozos futuros. Podemos decir que al saber la trayectoria de un pozo incrementa las posibilidades de la precisión de la perforación, de esta manera se puede obtener la ubicación correcta del pozo. Por otro lado, la consideración de estos parámetros nos lleva a tener un buen desempeño de la broca. (Arana, J. 2014).

Es importante saber que se esta perforando en la trayectoria correcta, esto juega un papel importante en la confirmación o descarte de la búsqueda de riquezas minerales. Seguir la trayectoria correcta a partir de los adecuados parámetros no servirá para tener éxito en el proceso de exploración.



Figura 7: Trayectoria de taladros de perforados.

Los parámetros influyen de manera significativa en la trayectoria de un pozo, es por ello que los perforistas casi a diario tienen que lidiar con este problema, si no se aplica adecuadamente los parámetros la trayectoria se verá desviada. Se puede hablar de taladros direccionados (Ver tabla 2), cuando la desviación es intencionada desde un punto inicial hacia una trayectoria final, en este caso los parámetros son controlados y analizados anteriormente, está es una nueva técnica emergente en los últimos años. (Alfonso, E. 2015).

Tabla 2:

Nuevas técnicas de perforación diamantina en los últimos años

Nuevas técnicas	Beneficios
	permite mayor precisión en la ruta de la perforación.
taladros direccionados	hace posible que la perforación diamantina sea encaminada y controlada tanto en la trayectoria como en la inclinación
	permite menor interacción con los equipos y mayor seguridad para los colaboradores.
Perforación geotécnica	permite tener muestra del suelo perforado para realizar los ensayos geotécnicos correspondientes Permite revisar las condiciones del suelo perforado, tanto geológicas como hidrogeológica Permite definir la tipología y dimensión de una obra

Nuevas técnicas de perforación diamantina de los últimos años y sus beneficios

Para tener como resultado la trayectoria planificada inicialmente, se debe tener en cuenta principalmente estudios de estructura y composición del macizo rocoso que se pretende perforar, tener estos conocimientos es primordial, ya que, de acuerdo a ello, se aplicará los parámetros necesarios y se utilizará la broca adecuada para perforar. Caso contrario el perforista aplicará los parámetros de acuerdo a su experiencia, siendo este un método no confiable, son pocas las probabilidades de éxito, y mayores probabilidades de que a partir de ello se derivan otros problemas como atrapamiento de tubería, desgaste de broca, daño al equipo, etc.

Para planificar una perforación, primero se diseña la trayectoria que se debe tener en cuenta, dicha trayectoria puede ser en 2D o 3D, para ello se utiliza información de pozos perforados anteriormente siempre y cuando hayan sido en el mismo terreno, se utiliza información geológica del terreno y los puntos de vista de expertos en el área. Una buena

trayectoria nos permitirá recolectar información valiosa y precisa que posteriormente servirán de localizar con exactitud el yacimiento y su composición.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Como parte de la cultura de innovación que vive la minera en general, en el área de perforación de pozos se ha hecho uso de la herramienta DeviDrill, esta es una técnica de desviación de la trayectoria de la perforación con la cual se puede orientar de manera controlada y segura el sondaje (Rumbo Minero 2018).

También se utiliza la técnica de perforación direccionada esta permite la desviación intencionada de los taladros, teniendo en cuenta la profundidad, buzamiento, espacio entre los pozos vecinos, características geológicas entre otros. El primer paso para ello es diseñar la trayectoria requerida del taladro para alcanzar un objetivo dado (Almeida Campaña y Cárdenas Cárdenas 2010).

Cabe señalar que hay varios estudios referidos al tema de investigación, en esta revisión sistemática solo se trabaja con 27 artículos, considerados los más relevantes enfocados en los últimos 10 años. También es importante mencionar que información de esta área es confidencial, permitiendo el acceso a personal que labora en ello. Es así que creemos que es un buen aporte trabajar con 27 artículos.

El proceso de búsqueda de información es confiable ya que se utilizo base de datos que muestran un contenido serio y es usado por la mayoría de alumnos en el mundo, además la mayoría de artículos que se utilizó presentan datos reales e información de calidad, lo que

nos demuestra el interés que hoy en día se le está dando a esta área de estudio. También es importante decir que el proceso de búsqueda fue ordenado y jerarquizado, este fue una ventaja que nos permitió entender con claridad el tema de estudio para posteriormente poder extraer lo mejor de cada artículo, a comparación de otros estudios que obvian esta estrategia y terminan por estresarse sin saber que hacer con tanta información, para suerte de nosotros se pudo evitar esto sacándole mucho provecho.

Parámetros de perforación

Los parámetros de perforación son muy importantes en el desarrollo de un taladro, el perforista debe tener amplios conocimientos sobre ello para evitar problemas de desgaste prematuro de brocas, atrapamiento de tuberías, o lo que es mas cotidiano la desviación de taladros, este ultimo problema es un dolor de cabeza para los perforistas, es por ello que la aplicación de parámetros resulta una solución novedosa además de generar menos gastos, también favorece en el tiempo de trabajo. Así mismo el perforista debe conocer la estructura del subsuelo en el cual se realizará el proceso de perforación diamantina, los parámetros operativos se aplicarán de acuerdo al conocimiento que se tiene del macizo rocoso. Un correcto uso de dichos parámetros no solo nos llevará a tener una buena trayectoria, sino que ayudará a cuidar los equipos y accesorios de perforación.

Perforación diamantina

La perforación diamantina es una técnica que se utiliza en la fase de exploración de cuerpos mineralizados o también cuando se requiere profundizar un nivel y se desconoce la ubicación de vetas. La perforación diamantina se puede utilizar tanto en minería superficial como subterránea, pero siempre con el mismo objetivo. Para realizar la perforación se utiliza brocas diamantinadas, por ser un material de dureza alta, el cual permite cortar e ir extrayendo testigos del subsuelo, que luego serán analizadas en un laboratorio. La

perforación diamantina constituye uno de los sistemas de sondaje preferidos en la minería especialmente en la exploración de yacimientos, hoy por hoy constituye una amplia industria que se encuentra en constante innovación.

La perforación diamantina es una de las muchas técnicas que se utilizan para la exploración de yacimientos, esta tiene sus ventajas ya que se nos permite alcanzar grandes distancias y por lo tanto acceder a mucha más información sobre el macizo rocoso. Lo mejor de ello es que se puede realizar la perforación desde la superficie.

Trayectoria de Pozos

Los parámetros tienen mucha influencia en la trayectoria de un pozo ya que si se aplican de manera incorrecta repercutirá en la inclinación y azimut del pozo. También es indispensable saber la estructura y composición del macizo rocoso, cuando el terreno es suave o duro, tendrá que aplicarse los parámetros de acuerdo a ese criterio, para no tener una trayectoria tan notoria, en cuanto a la desviación. Al completar la perforación es esencial necesario registrar estos datos mediante el uso de herramientas sofisticadas como: Trushot, que nos permite medir la desviación

Durante la trayectoria se puede presentar problemas inesperados, que pueden hacer fracasar la perforación, como por ejemplo atrapamiento de tubería cuando sucede esto y no se puede recuperar la tubería, es preferible dejar la perforación en dicha longitud y empezar con otra nueva. Este problema suele suceder por terrenos fracturados, suaves o simplemente porque se ignoran los parámetros operativos. Conocer la trayectoria de un taladro es importante ya que se accede a información para modelamiento de los mismos en 3D o para referencia de perforación de taladros futuros.

Partiendo de los muchos artículos que podemos encontrar disponibles sobre este tema en las bases de datos se ha hecho uso de criterios o filtros que han permitido restringir la búsqueda a 27 artículos que son los que se utilizan en esta revisión sistemática, dichos artículos nos llevarán a demostrar el estado del arte. Para poder desarrollar el presente estudio se utilizan las investigaciones realizadas de la última década con información veraz y confiable.

Las palabras claves que se insertan, son una técnica valiosa y de gran ayuda en el proceso de búsqueda de información, esto nos permitió acceder a muchas investigaciones en general de nuestro tema de estudio, haciendo del proceso interesante y sobre todo fácil. Esta técnica nos permitió hacer una investigación mas centrada y dedica solo a nuestro tema.

Después de analizar y presentar los resultados se concluye que: todo taladro se desvía durante el desarrollo de su perforación en mayor o menor magnitud, pero gracias a la influencia los de parámetros operativos y conocimiento del macizo rocoso a perforar, se puede reducir el porcentaje de desviación. Es importante saber que con las nuevas tecnologías y técnicas que se desarrollan en la actualidad se poder lograr reducir el porcentaje de desviación. Todos los parámetros son importantes y cada uno juega un rol específico en la perforación de pozos, pero los parámetros que con frecuencia se debe cuidar son carga sobre la broca (lb) que según el tamaño de la broca la carga va desde los 1000 a 10000 lb y velocidad de rotación (RPM) también dependiendo del tamaño de la broca está dentro del rango de 2300 a 350 rpm. Un costo estándar de perforación de taladros haciende a 11,44 US\$/m, y normalmente los sondajes de talados tienen entre 50 a 1000 m, en algunos casos no se llega al objetivo por problemas de desviación, desgaste de broca, etc., perdiendo todo ese dinero. Es por ello la importancia de aplicar correctamente los parámetros de operación.

En cuanto a los avances en esta área, tenemos equipos modernos y novedosos, por ejemplo: el equipo Versadrill KmN 1.4, puede llegar a perforar 1,898 m, proporciona un entorno laboral seguro, también tenemos el equipo Boart Longyear LF 90 tiene una capacidad de profundidad de 1.193 metros. Estos equipos demuestran el constante crecimiento y aporte de la tecnología a esta área de la minería.

Dentro de las limitaciones tenemos: cuando se necesita mejorar el tiempo de vida las brocas diamantadas, para ello existe materiales que pueden lograrlo, pero son muy caros, entonces las empresas prefieren utilizar materiales de menor calidad, porque al final termina siendo un beneficio en costo efectivo que utilizar un material de mas costo que dure más.

El valor económico actual de los metales en los principales mercados mundiales, ha provocado aumentar el número de exploraciones de yacimientos en el territorio nacional, para su posterior extracción y venta. El interés de las empresas por conseguir los mejores yacimientos que contengan leyes económicamente rentables, hace que aumente la profundidad de los sondajes lo cual acrecienta la complejidad de las operaciones, en muchos casos se requiere mucho más tiempo de trabajo para llegar al metraje final de perforación.

REFERENCIAS

- Almeida, C.; David, E. y Cárdenas, D. (2010). Optimización de la perforación de pozos direccionales de los principales campos de Petroproducción en la cuenca oriente en base a su caracterización litológica. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1463>
- Parreño, A.; Rodrigo, D. y Sarango, R. (2015). Determinación de la correlación existente entre la tasa de penetración con los parámetros de perforación en la sección de 8 ½ pulgadas de pozos perforados en el campo Sacha a partir del año 2013. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4846>
- Riquelme, C. y Disney J. (2017). Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles, en las actividades de perforación diamantina, basado en la norma OHSAS 18001:2007 en la unidad minera Cerro Lindo. Recuperado de : <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2393>
- Durexa Drilling. (2019). Perforación diamantina como nueva tecnología. Recuperado de: <https://www.facebook.com/notes/durexa-drilling-tools/par%C3%A1metros-de-perforaci%C3%B3n-con-n%C3%A1cleo/573357603304708/>
- Explomin. (2019). Conozca los equipos para perforación diamantina superficie - Explomin. Recuperado de: <https://www.explomin.com/conozca-los-equipos-para-perforacion-diamantina-superficie/>
- Explomin. (2019). Perforaciones - cinco técnicas empleadas en la minería | Explomin. Recuperado de: <https://www.explomin.com/perforaciones-cinco-tecnicas-empleadas-en-la-mineria/>

Cocha, J.; Vinicio, R. y Quelal J. (2017). Análisis técnico de variables y parámetros de perforación para garantizar la limpieza del hoyo en el Campo Tiputini. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18964>

Jara, C.; Quicalin, C. y Correa, W. (2010). Parametros de diseño para perforar y revestir un pozo horizontal. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16074/1/Par%C3%A1metros%20de%20Dise%C3%B1o%20para%20Perforar%20y%20Revestir%20un%20Pozo%20Horizontal.pdf>

Jorge C.; Cesar R.; Carmen P. y Fernando G. (2015). Desarrollo e implementación de un nuevo plan de mantenimiento para equipos de perforación diamantina. Recuperado de: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/338>

McCoremick Rod. (2019). Drilling Parameters: A New Guide for Diamond Drillers. Recuperado de: <http://blog.fordia.com/blog/drilling-parameters-a-new-guide-for-diamond-drillers>.

Melendez, Cesar. (2019). LA PERFORACIÓN DIAMANTINA DESDE LA PERSPECTIVA TÉCNICO OPERACIONAL. *PERFORACIONES DIAMANTINAS S.A.C.* Recuperado de: <https://www.perforacionesdiamantinas.com/la-perforacion-diamantina-desde-la-perspectiva-tecnico-operativa/>.

Moreno, B. y Maximiliano, M. (2018). Revisiones Sistemáticas: Definición y Nociones Básicas. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/329669814_Revisiones_Sistematicas_definicion_y_nociones_basicas.

Portilla, H.; Fernando, D. y Reinel, C. (2012). Metodología para la optimización de parámetros de perforación a partir de propiedades geomecánicas. Recuperado de: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistafuentes/article/view/3325>

Rodríguez, H.; Yuliana, M.; Fernando, S. y Hernando, S. (2014). Optimización de parámetros de perforación con mse e impacto en la construcción de un pozo en el campo yariguí. Recuperado de: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistafuentes/article/view/4790>

Rumbo Minero. (2018). Antamina incorpora tecnología de última generación en sus procesos de perforación. Recuperado de: <https://www.rumbominero.com/noticias/mineria/antamina-incorpora-tecnologia-de-ultima-generacion-en-sus-procesos-de-perforacion/>.

Salas, A. (2016). Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAIC. Recuperado de: <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/3670>.

Taco, C. y Michelle, V. (2018). Evaluación de Parámetros de Perforación Adquiridos en Tiempo Real en Pozos J-HD Sec. 12¼” del Campo VMC Perforados del 2013 al 2016. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19437>

Tafur, H. (2019). Control de la trayectoria de taladros variando tipo de broca y parámetros de perforación con sistema diamantina. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21792?locale-attribute=en>

Vigo, I. (2014). Medición de la trayectoria de pozos de prospección geológica. Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/100>

Nº	BASE DE DATOS	TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	UNIVERSIDAD	AUTOR	AÑO	TIPO DE INVESTIGACIÓN	PAÍS	REVISTA	ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA (PALABRAS CLAVES, OPERADOR BÚSQUEDA)
1	Google Académico	Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAC	Universidad Andrés Bello	Changpin Guo	2019	S	China	Perforación diamantina	
2	Google Académico	Análisis y mejora de la calidad en el proceso de perforación en diamantina utilizando la metodología DMAC	Universidad Andrés Bello	Alfonso Torres Salas, Mauricio	2019	S	China	Perforación diamantina	
3	Scopus Academy	Optimización del parámetro de perforación con NPS e impacto en la construcción de un pozo en el campo Vértigo - Cartagena		Wilson Estrella Villalobos, Diego Suarez, Bernardo Sosa	2019		Colombia	Indicadores de perforación	
4	Google Académico	Selección de los problemas que afectan durante la perforación de pozos de minería con alto grado de contaminación en un campo del Oriente colombiano		Leonilda Suarez, Oscar Mosquera	2017	S	Brasil	Perforación de pozos	
5	Google Académico	Aspectos de la perforación de pozos en Colombia		Abraham Montoya, Wilson Estrella	2018		Colombia	Perforación de pozos	

Figura 9: Matriz de base de datos, para el control de los artículos

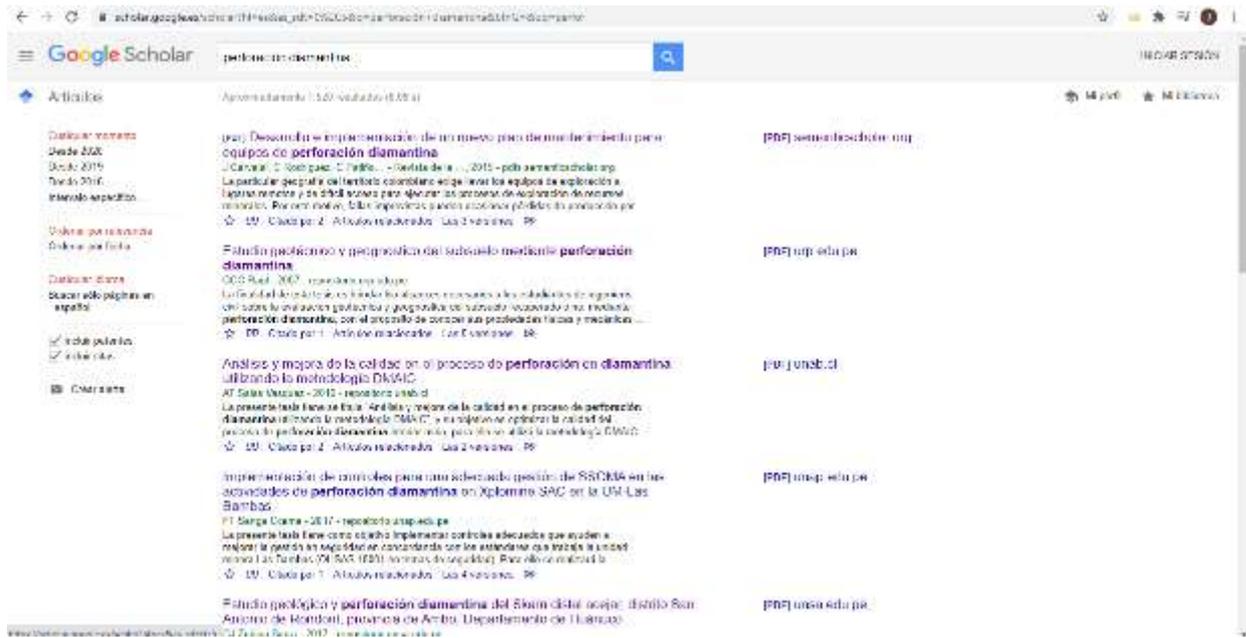


Figura 8: Búsqueda de información en Google académica, con la palabra clave: Perforación diamantina.



Figura 12: Búsqueda de información en EBESCOHOST, con la palabra clave: parámetros de perforación.

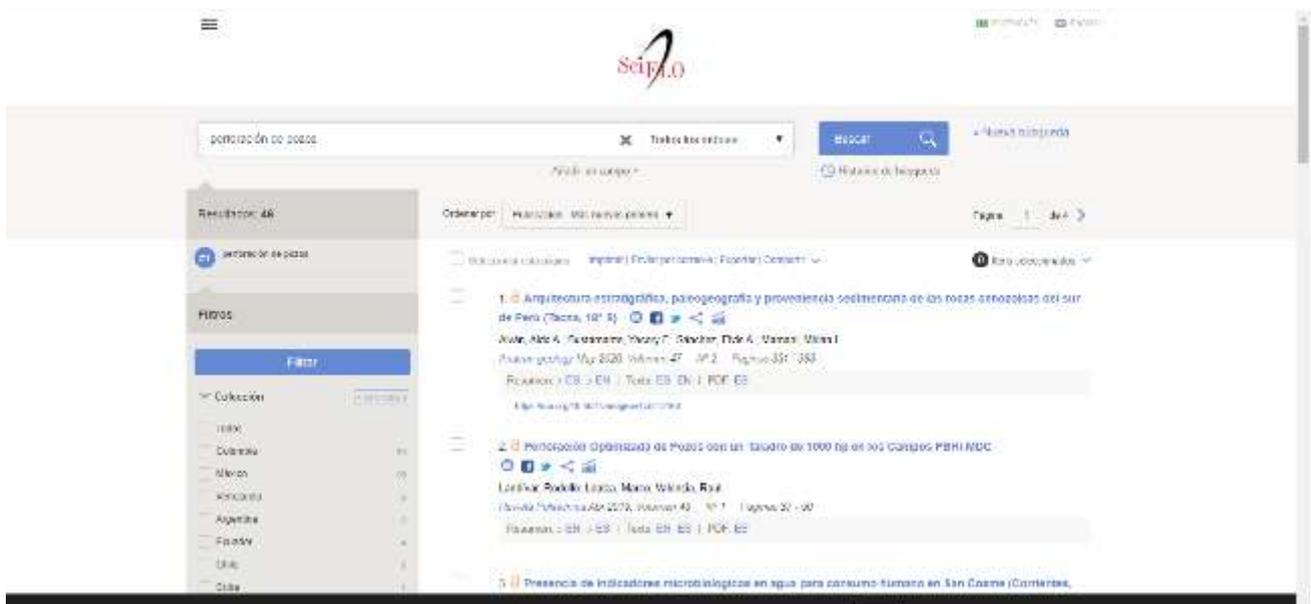


Figura 13: Búsqueda de información en Scielo, con la palabra clave: perforación de pozos.