



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL PERIODO 2010-2020”: una revisión sistemática de la literatura científica

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Geológica

Autores:

Eliana Lizbeth Mamani Leiva

Pamela Analí Pisco Salazar

Asesor:

Mg. Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

- ✓ A Dios, por permitirme realizar este estudio, por darme la vida, la salud, y muchas de sus bendiciones recibidas.
- ✓ A mi madre, por haberme apoyado siempre, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha brindado para cumplir cada uno de mis objetivos trazados.
- ✓ A mi padre, quien con sus buenos consejos ha sabido guiarme por un buen camino, y me ha enseñado a luchar día a día para conseguir nuestros sueños.
- ✓ A mis hermanos, quienes me motivan a ser mejor cada día.
- ✓ A mis familiares, por ser un pilar muy importante en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a:

- ✓ La universidad Privada del Norte y en especial a la Facultad de ingeniería geológica por abrirnos las puertas y permitirnos lograr una formación profesional en ella.
- ✓ A los docentes de la carrera de ing. Geológica por todas sus enseñanzas brindadas durante estos 5 años de nuestra vida universitaria.
- ✓ Por último, agradecer a nuestro asesor, Daniel Alejandro Alva Huamán por su orientación y conocimientos compartidos que ha hecho posible elaboración de este trabajo.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	19
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	31
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Investigaciones incluidas en la revisión sistemática	13
Tabla 2: Porcentaje de artículos publicados por la revista Google Académico en función a la metodología planteada.	22
Tabla 3: Porcentajes de artículos publicados por la revista EBSCO en función a la metodología planteada.....	22
Tabla 4: Porcentaje de artículos publicados por la revista Scielo en función de la metodología planteada.....	24
Tabla 5: Porcentaje de artículos publicados por la revista Dialnet en función a la metodología planteada.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo sobre el proceso de selección de información para la revisión sistemática sobre el Estudio Geomecánico y Diseño de Estabilidad de Taludes.	20
Figura 2. Cantidad de estudios seleccionados y descartados.	26
Figura 3. Porcentaje de investigaciones seleccionadas según cada Base de Datos.....	26
Figura 4. Cantidad de estudios según el año en que fue publicado.....	27
Figura 5. Plataforma de la base de datos de Google Académico.	37
Figura 6. Plataforma de la base de datos de EBSCO.....	37
Figura 7. Plataforma de la base de datos de Scielo.	38
Figura 8. Plataforma de la base de datos de Dialnet.....	38

RESUMEN

El estudio geomecánico para el diseño de la estabilidad de taludes en minería o en obras civiles es esencial para avalar proyectos importantes, garantizando un desarrollo óptimo, seguro y eficaz. Siendo esta investigación una base para aquellos proyectos ingenieriles que están por desarrollarse y que muchas veces un mal manejo de la geomecánica de las rocas y taludes se ven afectadas y detenidas, tomando mucho tiempo y dinero. La presente investigación tiene por objetivo determinar las características geomecánicas de los macizos rocosos para el diseño de la estabilidad de taludes. Denominándose a un talud como la superficie que presenta una inclinación, viéndose dañada por fenómenos que influyen a las rocas o siendo una rotura en las masas del suelo. Para ello buscamos información en la base de datos académicos como Google Académico, Ebsco, Scielo y Dialnet en los cuales encontramos información concerniente a la geomecánica y estabilidad de taludes, realizando una revisión sistemática referente a los años 2010 al 2020. Para considerar e investigar las evidencias encontradas en estas búsquedas fueron sobre: a) Estudio geomecánico y b) Diseño de estabilidad de taludes.

Según la verificación de la información las causas que afectan en la estabilidad de los taludes es causada por desprendimientos, voladuras, fallas geológicas, sismicidad, geometría de la ladera, influencias de agua y más aún por propiedades mecánicas de los materiales del suelo, pudiendo generar pérdidas de vidas humanas y económicas.

PALABRAS CLAVES: Geomecánica, estabilidad y taludes.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La revisión sistemática del presente estudio nos permite reunir las evidencias obtenidas en investigaciones empíricas sobre un mismo problema en este caso la inestabilidad de taludes. Este tipo de metodología facilita distinguir las mejores pruebas desarrolladas sobre un tema en específico (Vidal Ledo, Oramas Díaz, & Borroto Cruz, 2015). Ofrece una evaluación crítica de los trabajos publicados y, a menudo, permiten realizar conclusiones importantes basadas en los trabajos analizados (Torres Fonseca & López Hernández, 2014). En el caso del presente trabajo, el desarrollo de revisiones sistemáticas proporciona evidencias de estudios ya realizados para ayudar a tomar decisiones frente a esta problemática.

Identificar los deslizamientos de laderas y desprendimientos de rocas son algunos de los procesos geológicos más comunes en la superficie de la Tierra. Cuando se excava un macizo rocoso o se construyen estructuras sobre las rocas se modifican las condiciones iniciales del medio rocoso, el cual responde a estos cambios deformándose y/o rompiéndose. Ello se puede evidenciar hoy en día deslizamientos en los tramos de carreteras, en túneles; que se debe principalmente a factores que dominan el comportamiento y las propiedades mecánicas de los macizos (Irveen, 2010).

Existe un creciente interés de investigación en el tema abordado. Para Mohamed & Bayram en 2020, el enfoque más común para evaluar la estabilidad de las pendientes rocosas y caracterizarla es emplear un estudio geomecánico en el cual los sistemas de clasificación son una herramienta eficaz que ayuda a evaluar el rendimiento en función de las propiedades estructurales e inherentes de la masa rocosa.

Sujatha & Thirukumaran, 2018; en su investigación “Evaluación de la estabilidad de taludes rocosos utilizando la clasificación geomecánica y su aplicación para taludes específicos a lo largo de Kodaikkanal-Palani Hill Road, Western Ghats, India” analiza la estabilidad de taludes mediante una evaluación geomecánica del macizo rocoso utilizando sistemas de clasificación de masas de rocas (RMR) desarrollado por Bieniawski (1989), teniendo en cuenta los parámetros de Resistencia a la compresión uniaxial de la roca, Índice de Calidad de la Roca, RQD, espaciamiento de discontinuidades, condición de las discontinuidades, condición hidrogeológicas y orientación de las discontinuidades; también utiliza el sistema de clasificación de masa de pendiente (SMR)) que se obtiene básicamente de la calificación de masa rocosa (RMR) de Bieniawski restando factores de ajuste de la relación de la articulación-pendiente y agregando un factor dependiendo del método de excavación, también la clasificación de masa de pendiente continua (CSMR). Así mismo hace uso de la clasificación de masa de pendiente continua (CSMR). Proporcionando una evaluación preliminar de la calidad de base basada en la resistencia de la roca. (Dotta, y otros, 2017) en su estudio realizado nos mencionan un dato importante que, para confirmar la estabilidad general de la masa rocosa, el factor de seguridad debe ser mayor a 1.

Según Mohamed & Bayram en 2020, la clasificación CSMR produce resultados más precisos que SMR, ya que asigna un valor único a los factores de ajuste para la relación de orientación pendiente - articulación, y también incluye observaciones de campo y pautas, proporcionando una aplicación más sistemática de clasificación geomecánica de pendientes.

Es importante analizar la estabilidad del talud y además identificar cuáles son los factores que la están causando, los cuales pueden ser por razones geológicas, variación del nivel freático u obras de ingeniería. Teniendo en cuenta todo ello poder determinar un diseño adecuado para la estabilización de taludes.

En base a los estudios anteriormente descritos se ha demostrado que realizar un estudio geomecánico es importante para la evaluación de la estabilidad de los taludes y establecer un diseño de equilibrio. Considerando esto se justifica la necesidad de conocer ¿Cuáles son las características geomecánicas de los macizos rocosos para el diseño de estabilidad de taludes? En tal sentido la presente investigación tiene como objetivo determinar las características geomecánicas de los macizos rocosos para el diseño de la estabilidad de taludes.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

En esta investigación se realizó el método de estudio de revisión sistemática de la literatura científica, donde los criterios de elegibilidad fueron de escoger a aquellas que se relacionaban de manera directa a la Caracterización Geomecánica y Diseño de Estabilidad de Taludes, así mismo otro parámetro fue el año de la investigación, seleccionándose a aquellos artículos y tesis en inglés y español entre los años 2010 al 2020. Obteniendo un total de 55 investigaciones, siendo seleccionados 22 estudios, debido a que cumplían con los criterios establecidos. Es por ello que estudiamos los diferentes parámetros tanto de geomecánica como de taludes. Teniendo como pregunta de investigación ¿Cuáles son las características geomecánicas de los macizos rocosos para el diseño de estabilidad de taludes?

Además, Consultando la base de datos de Google Académico, Ebsco, Scielo y Dialnet, fue necesario saber en qué consiste cada una de estas bibliotecas virtuales:

- Google Académico: Es un buscador de Google especializado en literatura científica o académica, que nos ayuda a encontrar de forma sencilla bastante información para realizar trabajos académicos gracias a la gran biblioteca virtual que posee. (Muñoz, 2017)
- Ebsco: Es una base de datos que ofrece textos completos, índices y publicaciones periódicas académicas que cubren diferentes áreas de las ciencias y humanidades. Sus colecciones están disponibles a través de EBSCOhost, que es un sistema en línea que combina un contenido de gran calidad en una página atractiva, con herramientas únicas de búsqueda y

recuperación de información. Los resultados de las búsquedas ofrecen enlaces a los textos completos de los artículos. (Infomed, 2007)

- Scielo: Es un modelo para la publicación electrónica cooperativa de revistas científicas en internet, creada para responder las necesidades de comunicación científica en los países en desarrollo, particularmente de América Latina y El Caribe. (BMN, 2015)
- Dialnet: Es otra de las bases de datos referenciales y multidisciplinarias disponibles, recoge gran parte de información científica. Se constituye como un portal que recopila y proporciona acceso fundamentalmente a documentos publicados en España en cualquier lengua, publicados en español en cualquier país o que traten sobre temas hispánicos. Los contenidos incluyen artículos de revistas, capítulos de monografías colectivas, tesis doctorales, libros, etc. (BNE, 2019)

Finalmente, para la búsqueda de estas informaciones se utilizaron combinaciones terminológicas tanto en inglés como en español, como: estabilidad de taludes, laderas, inestabilidad, evaluación geomecánica del macizo rocoso, diseño de estabilidad, construcción de taludes, dynamic design and construction of slopes, factor of safety of slope stability y characterization for the evaluation of rockslide. De los cuales se descartaron aquellos artículos que contenían la misma información, los que no estaban dentro del intervalo de tiempo entre el 2010 al 2020. Con los artículos elegidos se realizó la siguiente tabla detallando en qué consistió cada uno de ellos.

Tabla 1: Investigaciones incluidas en la revisión sistemática

Nombre	Autor	Revista	País	Base de datos
Nuevo método de diseño sísmico para cortinas de tierra y enrocamiento y de taludes	(Botero , Flores, & Romo, 2011)	Tecnología y Ciencias del Agua	México	Scielo
Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes. Revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento. (Tesis)	(Blanco Fernández, 2011)	Revista de la Universidad de Cantabria.	España	Google Académico
Análisis comparativos de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales.	(Rodríguez Cifuentes & Sanhueza Plaza, 2012)	Revista de la Construcción	Chile	Dialnet
Metodología de estabilización de taludes de carreteras. (Tesis)	(Morales, 2012)	Universidad Católica de Ecuador	Ecuador	Google Académico

<p>Diseño de una manta biodegradable de tipo experimental para la conservación de taludes a partir de la evaluación de los residuos orgánicos agrícolas de la region del Tundama en el departamento de Boyacá.</p>	<p>(Barajas, 2012)</p>	<p>Actas del séptimo Congreso de Medio Ambiente.</p>	<p>Argentina</p>	<p>Google Académico</p>
<p>Caracterización geomecánica y análisis de la estabilidad del talud sur del macizo rocoso de Monteagudo (Murcia, España)</p>	<p>(Mira, Alcántara, & Gutiérrez, 2013)</p>	<p>Geogaceta</p>	<p>España</p>	<p>Dialnet</p>
<p>Aplicación de nuevas metodologías de adquisición de datos para el análisis de estabilidad de taludes: casos de estudio en materiales foliados de la cordillera Bética. (Tesis doctoral)</p>	<p>(Alameda, 2014)</p>	<p>Revista de la Universidad de Granada</p>	<p>España</p>	<p>Dialnet</p>
<p>Metodología para el diseño del método de explotación de arenas silíceas mediante el</p>	<p>(Lara, Cubides, & Hernandez, 2014)</p>	<p>GEAM y UPTC</p>	<p>Colombia</p>	<p>Dialnet</p>

uso de Software
especializado.

El agua de infiltración de lluvia, agente desestabilizador de taludes en la provincial de Malaga. Modelos constitutivos (Tesis doctoral)	(Gutiérrez, 2015)	Revista de la España Universidad de Granada	Dialnet
Estabilidad de Taludes; Conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo.	(Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego., 2015)	CIVILIZATE España	Google Académico
Evaluación del Riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca Cay, Ibagué, Tolima.	(Hernández Yelena; Hildebrando Arcila, 2016)	Ciencia e Ingeniería Neogranadina Colombia	Dialnet
Evaluación de la calidad geomecánica de taludes inestables en la Zona Andina mediante la aplicación de la clasificación Slope Mass Rating.	(Jordá, Tomás, Cano, & Riquelme, 2016)	ESPOL Ecuador	Dialnet

Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay. (Tesis)	(Mendoza, 2016)	Revisata de la Perú PUCP	Google Académico
Geomechanical characterization and stability analysis of the bedrock underlying the Costa Concordia Cruise Ship.	(Dotta, y otros, 2017)	Rock Mechanics Italia and Rock Engineering	Ebsco
Rock slope stability assessment using geomechanical, classification and its application for specific slopes along Kodaikkanal-Palani Hill Road Western Ghats, India.	(Sujatha Thirukumarán, 2018)	& Journal of the India Geological Society of India	Ebsco
Análisis de los factores que determinan el diseño de mallas metálicas para la estabilización de taludes en macizos rocosos.	(Grattz, Salazar, & Rodríguez, 2018)	Obras y Proyectos Colombia	Scielo
Uso del software Slide para el análisis del	(Medina & Cartaya, 2018)	Ciencia & Futuro Cuba	Google Académico

comportamiento
sísmico de taludes.

Evaluación

geomecánica con fines
de estabilidad de talud
carretera Mariscal
Castilla Huancayo
Huancavelica. (Tesis)

(Cuyutupa Moscoso
, 2019)

Revista de la
Universidad Peruana
Los Andes

Perú

Google Académico

Landslide risk
assessment in slopes
and hillsides.
Methodology and
application in a real
case.

(Oliva, Ruiz, DYNA
Gallardo, &
Jaramillo, 2019)

Colombia

Scielo

Three-dimensional
stability analysis of an
urban slope located in
João Monlevade, Brazil
Análisis de estabilidad
tridimensional de un
talud urbano ubicado en
João Monlevade, Brasil

(Pereira, Diaz, Res., Soc. Dev.
Assies, & Barreto,
2019)

Brasil

Dialnet

Utilizing a
geomecanical
classification to
preliminary analysis of
rock slope stability
along roadway d340-

(Mohamed & TUJE
Bayram, 2020)

Turquía

Ebsco

41.42, southwest of
turkey: a case study.

Clasificación geomecánica óptima para evaluar el macizo rocoso en el frente de arranque del Tramo IV del túnel Levisa-Mayarí	(Ochoa, Cartaya, & Blanco, 2020)	Minería y Geología	Cuba	Google Académico
---	--------------------------------------	--------------------	------	------------------

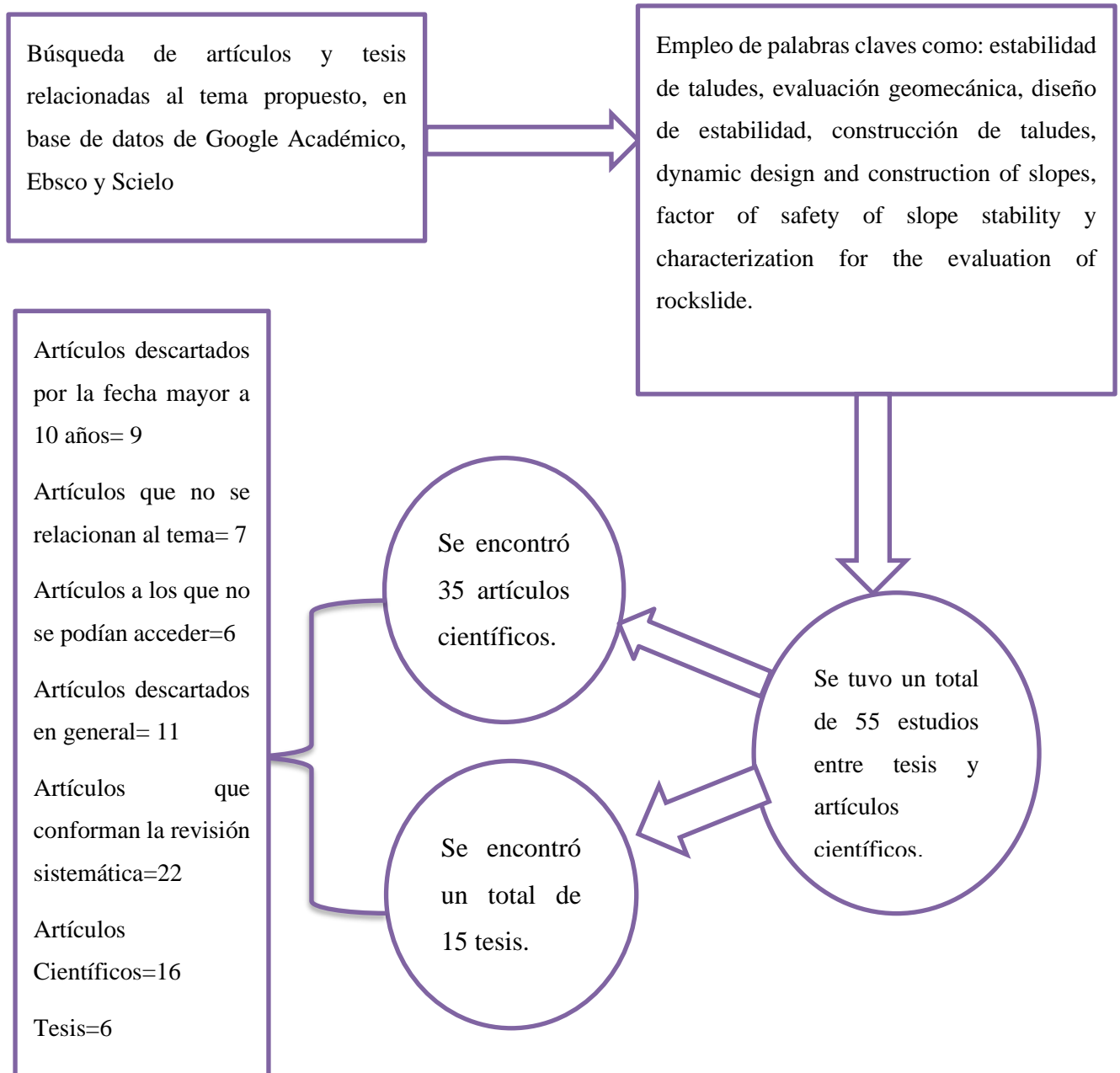
Fuente: Elaborado por las investigadoras.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Para el proceso de selección y búsqueda de estudios, se utilizaron diversos filtros y criterios de selección, demostrando mediante una base de datos un total de 22 investigaciones (6 tesis y 16 artículos científicos) que pertenecen a los años 2010 al 2020, los cuales fueron seleccionados 8 de Google Académico, 3 de Scielo, 3 de Ebsco y de Dialnet se obtuvo 8 investigaciones, así mismo se emplearon una serie de pasos como: seleccionar las bases de datos objeto de estudio relacionadas al tema propuesto, establecer qué campos de estudios son los más importantes que contribuyen a nuestra investigación, selección de las investigaciones según la fecha de publicación y se hizo uso de palabras claves. Sucesivo a esto se realizó el filtrado correspondiente de todo lo recopilado, lo cual posibilita a tener información validada para poder trabajar y ser empleada en nuestra investigación.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo donde se explica de manera resumida los criterios empleados para incluir y excluir los estudios encontrados.

Figura 1. Diagrama de flujo sobre el proceso de selección de información para la revisión sistemática sobre el Estudio Geomecánico y Diseño de Estabilidad de Taludes.



Fuente: Elaborado por las investigadoras.

En las características de los estudios se emplearon diferentes factores los cuales presentaremos a continuación:

- **BASES DE DATOS (BD):** Las bases de datos fueron importantes porque gracias a estas se pudo acceder a la información en gran cantidad y de manera organizada en este trabajo de investigación, haciendo uso de los almacenes de Google Académico, Ebsco y Scielo.
- **KEYWORD O PALABRAS CLAVES:** Fueron aquellas palabras estratégicas que ayudaron a tener una búsqueda exitosa con respecto al tema investigado.
- **AUTOR:** El autor es una parte importante en la búsqueda porque gracias a la trayectoria que este posee permite validar aún más nuestro trabajo.
- **APA:** Es el formato que nos ayuda a estandarizar nuestro trabajo siendo necesario para evitar algún plagio.
- **TÍTULO:** La importancia de un título cautivante e informativo y presentado de manera clara y concisa contribuye a localizar de manera rápida el tema que se ha de tratar.
- **AÑO:** Una de las características que más se tomó en cuenta, porque una investigación desarrollada recientemente nos aportará información actualizada.
- **ABSTRACT:** Brinda un preámbulo sobre el tema trabajado.
- **TESIS:** Gracias a la utilización de las tesis encontradas, se obtuvieron opiniones científicas demostradas con razonamientos.
- **ARTÍCULOS CIENTÍFICOS:** El uso de papers facilitó el trabajo, de manera que se nos hizo fácil entender lo que expresaba el autor.
- **PAÍS:** Se toma en cuenta para saber en dónde se realizó la investigación.

A continuación, se presentará un análisis global sobre los resultados obtenidos gracias a las investigaciones seleccionadas, dando a conocerlas mediante tablas.

Tabla 2: Porcentaje de artículos publicados por la revista Google Académico en función a la metodología planteada.

AÑO	TIPO DE PUBLICACIÓN EN PORCENTAJE				
	TEÓRICO	EMPÍRICO	CUALITATIVOS	MIXTOS	OTROS
2010	58.3	41.9	12.4	1.9	32.5
2011	24.6	35.6	1.5	0	21.6
2012	36.4	67.9	2.1	4.2	18.4
2013	26.7	65.8	5.6	11.9	0.9
2014	18.6	58.7	1.8	13.5	2.8
2015	16.4	45.8	17.9	14.7	0
2016	17.5	52.1	19.3	9.5	10.8
2017	18.9	75.6	8.4	7.8	0
2018	5.6	69.3	11.7	3.6	5.9
2019	6.7	66.5	10.9	9.7	0
2020	4.6	35.4	8.6	6.2	2.1
Total	21.3	55.8	9.1	7.6	8.6

NOTA: Se determinó la categoría mixtos a aquellos estudios que tienen metodología cuantitativa y cualitativa, así mismo a la categoría otros a aquellos artículos que abarcan temas sobre Ponencias, Uso de Programas, entre otros.

En la tabla 2 según la revista Google Académico, las publicaciones con mayor cantidad de tipo teórico fue en el 2010 con un 58.3%, de tipo empírico en el año 2017 se tuvo más publicaciones con 75.6%, de tipo cualitativo en el 2016 con 19.3%, las publicaciones consideradas mixtas se obtuvo un mayor porcentaje en 2015 con 14.7% y del tipo otros en el año 2010 se tuvo un resultado de 32.5%. Así mismo, las investigaciones de esta base de datos contribuyen a nuestra investigación a determinar la caracterización geomecánica de los macizos rocosos para el diseño de estabilidad de taludes.

Tabla 3: Porcentajes de artículos publicados por la revista EBSCO en función a la metodología planteada.

AÑO	TIPO DE PUBLICACIÓN EN PORCENTAJE				
	TEÓRICO	EMPÍRICO	CUALITATIVOS	MIXTOS	OTROS
2010	52.6	28.9	3.5	0	12.6
2011	48.6	42.6	5.9	6.3	14.8

2012	15.6	76.3	7.9	0	6.5
2013	11.2	65.4	0	4.2	7.3
2014	17.9	72.9	0	8.6	0
2015	4.6	45.8	5.9	7.4	6.5
2016	9.8	35.6	12.7	10.6	0
2017	42.6	67.8	11.8	13.5	4.2
2018	37.8	66.8	9.6	8.9	10.8
2019	19.7	76.4	13.4	7.6	11.3
2020	11.6	42.6	10.8	6.5	8.5
Total	24.72	56.46	7.41	6.69	7.5

NOTA: Se determinó la categoría mixtos a aquellos estudios que tienen metodología cuantitativa y cualitativa, así mismo a la categoría otros a aquellos artículos que abarcan temas sobre Ponencias, Uso de Programas, entre otros.

En la tabla 3 según la revista Ebsco, estas investigaciones aportan información de calidad especialmente para el diseño y estabilidad de taludes, siendo de base para nuestra revisión sistemática y realizar un análisis de calidad. Además, la publicación con mayor cantidad de tipo teórico fue en el 2010 con un 52.6%, de tipo empírico en el año 2012 se tuvo más publicaciones con 76.3%, de tipo cualitativo en el 2019 con 13.4%, las publicaciones consideradas mixtas se obtuvo un mayor porcentaje en 2017 con 13.5% y del tipo otros, en el año 2011 se tuvo un resultado de 14.8%.

Tabla 4: Porcentaje de artículos publicados por la revista Scielo en función de la metodología planteada.

AÑO	TIPO DE PUBLICACIÓN EN PORCENTAJE				
	TEÓRICO	EMPÍRICO	CUALITATIVOS	MIXTOS	OTROS
2010	51.6	47.9	5.6	2.9	24.6
2011	3.8	23.6	0	5.6	15.9
2012	27.9	64.8	0	3.4	0
2013	15.3	76.4	6.8	6.9	0
2014	10.8	68.9	14.9	7.6	4.5
2015	17.9	71.5	10.6	5.3	1.3
2016	6.8	49.6	12.6	0	2.9
2017	14.6	82.4	14.9	9.8	0
2018	5.9	69.7	11.5	6.4	0
2019	3.2	65.2	9.5	13.5	2.5
2020	2.6	45.2	6.8	10.6	1.6
Total	14.58	60.47	8.47	6.54	4.85

NOTA: Se determinó la categoría mixtos a aquellos estudios que tienen metodología cuantitativa y cualitativa, así mismo a la categoría otros a aquellos artículos que abarcan temas sobre Ponencias, Uso de Programas, entre otros.

En la tabla 4 según la revista Scielo, las tesis encontradas y artículos científicos son de gran aporte debido a que se encontraron de tipo empírico basados en la observación de los hechos y en la experiencia. La publicación con mayor cantidad de tipo teórico fue en el 2010 con un 51.6%, de tipo empírico en el año 2017 se tuvo más publicaciones con 82.4%, de tipo cualitativo en el 2014 y 2017 con 14.9%, las publicaciones consideradas mixtas se obtuvo un mayor porcentaje en 2019 con 13.5% y del tipo otros, en el año 2010 se tuvo un resultado de 24.6%.

Tabla 5: Porcentaje de artículos publicados por la revista Dialnet en función a la metodología planteada.

AÑO	TIPO DE PUBLICACIÓN EN PORCENTAJE				
	TEÓRICO	EMPÍRICO	CUALITATIVOS	MIXTOS	OTROS
2010	54.8	75.6	2.3	3.1	23.8
2011	11.6	65.8	0	4.2	15.4
2012	25.9	49.6	1.5	2.6	12.6
2013	15.2	73.9	6.9	1.9	8.6
2014	11.9	45.3	0	9.6	0
2015	5.6	58.6	14.6	10.8	10.2
2016	35.7	54.2	12.3	0	8.6
2017	14.6	68.4	10.1	7.6	0
2018	28.6	63.4	12.6	0	4.2
2019	32.5	92.6	7.5	12.5	2.1
2020	9.5	35.6	9.6	11.9	3.6
Total	22.35	62.09	7.04	5.83	8.1

NOTA: Se determinó la categoría mixtos a aquellos estudios que tienen metodología cuantitativa y cualitativa, así mismo a la categoría otros a aquellos artículos que abarcan temas sobre Ponencias, Uso de Programas, entre otros.

En la tabla 5 según la revista Dialnet, nos aporta investigaciones actualizadas que contribuyen a nuestra revisión sistemática para determinar las características geomecánicas de los macizos rocosos para el diseño de estabilidad de taludes, siendo la publicación con mayor cantidad de tipo teórico fue en el 2010 con un 54.8%, de tipo empírico en el año 2019 se tuvo más publicaciones con 92.6%, de tipo cualitativo en el 2015 con 14.6%, las publicaciones consideradas mixtas se obtuvo un mayor porcentaje en 2019 con 12.5% y del tipo otros, en el año 2010 se tuvo un resultado de 23.8%.

También, en la Figura 2 se presenta un gráfico de barras de todos los artículos seleccionados y descartados en esta revisión sistemática, ayudándonos a determinar que la mayor cantidad de estudios se obtuvo de las bases de datos de Dialnet y Google Académico con respecto al tema tratado

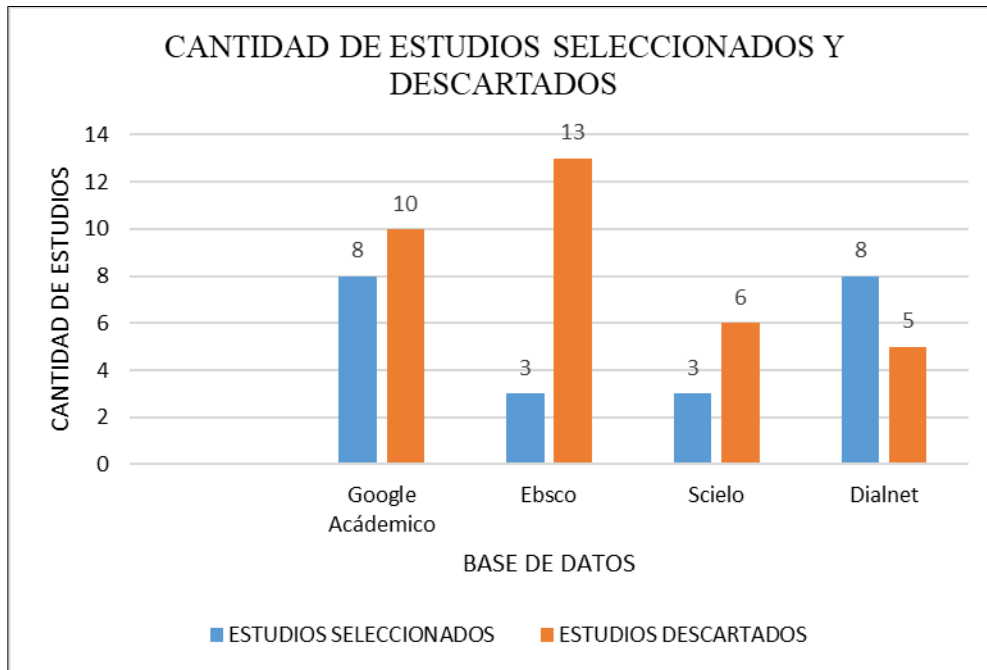


Figura 2. Cantidad de estudios seleccionados y descartados.

Presentamos la Figura 3 los porcentajes de los estudios seleccionados respecto a las bases de estudio de Google Académico, Ebsco, Dialnet y Scielo.

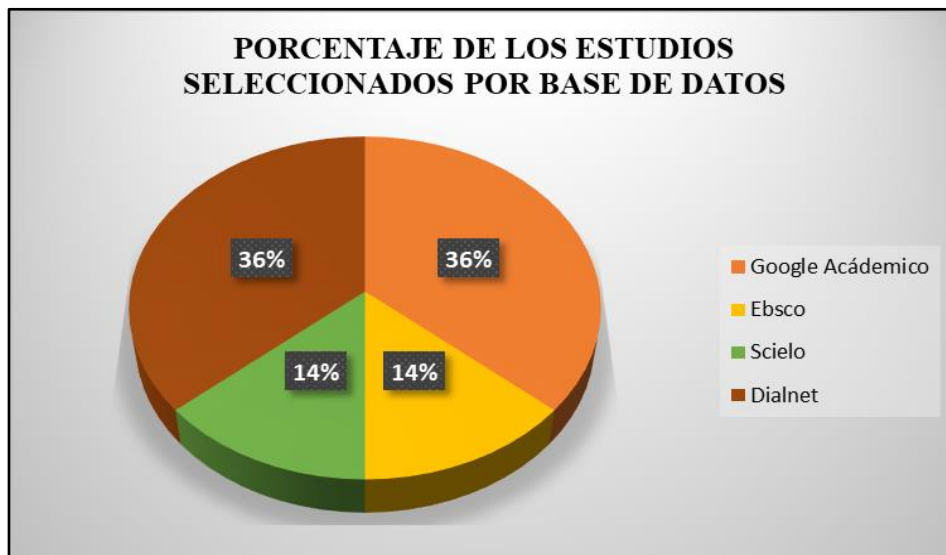


Figura 3. Porcentaje de investigaciones seleccionadas según cada Base de Datos.

Para obtener la cantidad de investigaciones extraídas entre los años 2010 al 2019 se realizó la Figura 4, el cual nos ayudó a determinar que en el año 2016 se obtuvieron 4 publicaciones respecto a la Caracterización Geomecánica y Estabilidad de Taludes.

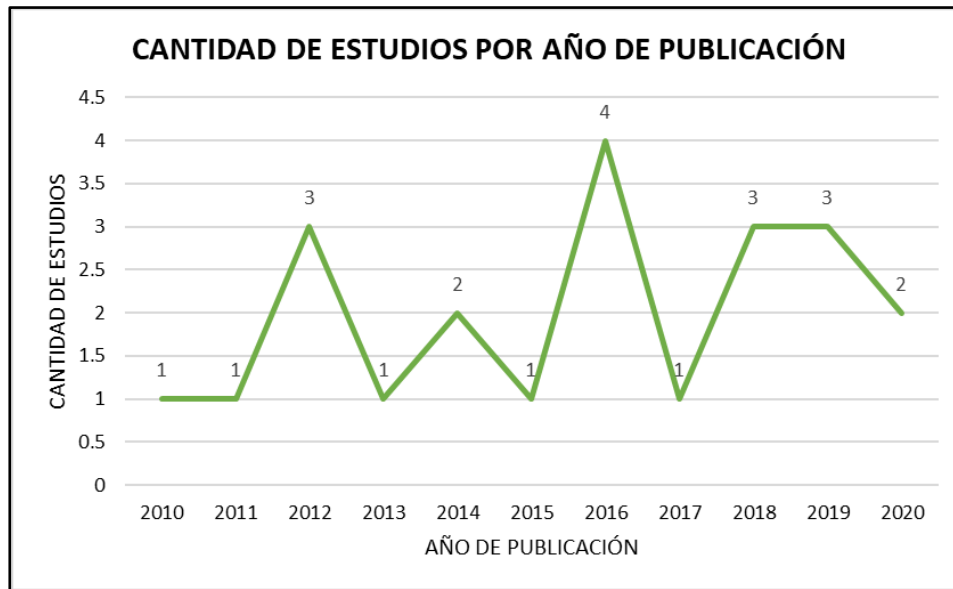


Figura 4. Cantidad de estudios según el año en que fue publicado.

En el estudio de Morales (2012) nos menciona que las caídas de rocas son un tipo de inestabilidad usual y frecuente, que afectan no solo al medioambiente sino también a los humanos, causando muertes y daños en las propiedades públicas y privadas. Barajas en 2012 señala que el 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control. Gutiérrez en 2015 nos menciona que de ello la importancia de su estudio y análisis para poder prevenir en el futuro estos fenómenos de geodinámica en el territorio y mitigar su coste evitando recurrencias futuras.

En el trabajo presentado por Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego (2015) aborda fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo siendo los agentes externos

responsables de la inestabilidad como el peso y eventualmente, los efectos de filtración, a los cuales se añaden otros factores como las sobrecargas (estáticas/ dinámicas).

El estudio de Cuyutupa Moscoso (2019) presenta la hipótesis “la evaluación geomecánica influye directamente para el análisis de la estabilidad de talud”. Obteniendo como resultados que la evaluación geomecánica influye directamente para el cálculo de la estabilidad del talud. El estudio de (Sujatha & Thirukumaran, 2018) tuvo como objetivo analizar la estabilidad de las pendientes cortadas utilizando sistemas de clasificación de masas de roca (RMR), (SMR) y (CSMR), los resultados mostraron que tanto la calidad de la roca como la orientación de discontinuidad contribuyen al tipo de falla en las pendientes de roca, asimismo la inclinación de las pendientes tiene una influencia definitiva en la estabilidad de las pendientes. Mohamed & Bayram (2020); Sujatha & Thirukumaran (2018) Señalan que las pendientes están ampliamente controladas por discontinuidades.

La investigación de Mira, Alcántara, & Gutiérrez (2013) tuvo como objetivo conocer el grado de estabilidad del macizo rocoso y el potencial peligro de desprendimiento de rocas, para lo cual usó técnicas geológicas de cartografía detallada, determinación de las características necesarias para su clasificación geomecánica según el criterio del Slope Mass Rating (SMR) y análisis de la orientación de las juntas. Asimismo, Dotta, y otros en 2017 realizaron un estudio de campo posterior para proporcionar una evaluación geomecánica de la masa rocosa, con base en la información adquirida, se realizaron análisis cinemáticos y de estabilidad para crear una predicción espacial de los mecanismos de falla de roca en el área de estudio.

Ochoa, Cartaya, & Blanco (2020) en su estudio tuvo el propósito de evaluar varias clasificaciones geomecánicas (Barton-Q, Bulichev-S, Bieniawski-RMR y Hoek-GSI) para

elegir la más apropiada y ajustar sus parámetros a las características del macizo rocoso, el procesamiento de los datos se realizó en softwares Dips v5.0 y Unwedge v3.0; el ajuste de los parámetros geomecánicos se realizó mediante el método de prueba y error.

El estudio de Medina & Cartaya (2018) tuvo como objetivo determinar el comportamiento sísmico de los taludes con el uso del software Slide, entre los métodos de cálculo de taludes para suelos y rocas utilizó el método simplificado de Janbú diseñado para cualquier superficie de falla. Los resultados muestran que al tener en cuenta el coeficiente sísmico, el factor de seguridad disminuye drásticamente y aumentan las zonas por las cuales puede fallar el talud. Pereira , Diaz, Assies, & Barreto en (2019) señalan que el software Slide es una herramienta eficaz para el análisis y obtención del factor de seguridad en taludes y diseñar métodos de corrección de la estabilidad. Rodríguez Cifuentes & Sanhueza Plaza, (2012) en su investigación también hace uso de software en este caso GeoSlope para la obtención de los factores de seguridad de las superficies potenciales de falla, considerando los casos más desfavorables y empleando los modelos propuestos por Fellenius, Bishop y Janbú (método de las dovelas).

Botero , Flores, & Romo (2011) en su investigación presenta una descripción de algunos de los métodos bidimensionales tradicionales que se utilizan en la ingeniería práctica y de un nuevo método de análisis bidimensional para el diseño y la evaluación de la estabilidad de estructuras térreas, incluyendo cortinas de tierra y enrocamiento. Estos métodos se enfocan al análisis de cortinas y taludes de mediana altura, que componen el vaso del embalse en regiones en las cuales el riesgo sísmico es intermedio y que no ameritan análisis en tres dimensiones. Grattz, Salazar, & Rodriguez (2018) en su estudio da a conocer que existen diferentes soluciones para desestabilidad de taludes una de ellas es mediante el

uso de sistemas de malla metálica con pernos o anclajes. Asimismo (Blanco Fernández, 2011) en su estudio señala que los sistemas flexibles de alta resistencia anclados al terreno son una de las distintas técnicas existentes para la estabilización de taludes, ya sean de roca o de suelos.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En esta revisión sistemática se analizó la literatura científica encontrada en cuatro bases de datos, el análisis de los 22 trabajos publicados en Google Académico, Ebsco, Scielo y Dialnet entre los años 2010 y 2020, buscó responder al objetivo de determinar las características geomecánicas de los macizos rocosos para el diseño de la estabilidad de taludes. Tanto individualmente como en su conjunto, los trabajos constituyen valiosos aportes a la comprensión de la importancia que tiene el realizar este estudio. Asimismo, se observó que la cantidad de publicaciones va en ascenso cada año y en los últimos 10 años se ha mantenido lo cual implica la importancia de dichos estudios.

En cuanto a estudios previos de revisiones sistemáticas, la información está muy dispersa, pocos son los estudios que guardan una relación con el tema, no se ha logrado encontrar revisiones sistemáticas enfocadas directamente, casi todos ellos están enfocados en suelos, por ello es necesario dar a conocer esta revisión sobre caracterización geomecánica y diseño de estabilidad de taludes en roca.

Esta revisión sistemática basó sus resultados en las características geológicas, Clasificación geomecánica del macizo rocoso, análisis cinemático de estabilidad empleando softwares, métodos y diseño de estabilidad de taludes. las clasificaciones geomecánicas mencionadas hace referencia a (RMR) desarrollado por Bieniawski (1989), Índice de calidad de la roca, RQD, el sistema de clasificación de masa de pendiente (SMR) y la clasificación de masa de pendiente continua (CSMR). Del mismo modo Cueva & Arana, en (2019), sus resultados se basan en estos sistemas de clasificación de macizos rocosos los cuales se enfocan en proveer seguridad. Los resultados sobre cuál de las clasificaciones es el más

adecuado, depende del contexto evaluado, ya que hay variaciones en el tipo de rocas o suelos. Por ello no es posible comparar los resultados obtenidos entre estudios, ya que cada uno de ellos evalúa condiciones diferentes.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados y discusión del presente estudio, se pueden extraer las siguientes conclusiones.

La caracterización geomecánica de los macizos rocosos para el diseño de la estabilidad de taludes hace uso de clasificaciones como el RMR, RQD, Slope Mass Rating (SMR), CSMR y GSI los cuales influyen directamente para el cálculo de la estabilidad del talud.

También, es importante resaltar que los usos de estos métodos favorecen en el desarrollo de nuestra caracterización geomecánica, ayudándonos a determinar las propiedades de la roca y que estas a su vez sean aplicados es proyectos ingenieriles de gran importancia. Por otro lado, la orientación de los sistemas de discontinuidades y su ángulo de buzamiento son las características más desfavorables que tiene un macizo rocoso porque puede originar deslizamientos. Según (Mohamed & Bayram 2020; Sujatha & Thirukumaran, 2018) las pendientes están ampliamente controladas por discontinuidades.

Asimismo, se concluye que el uso de softwares en la caracterización geomecánica influye de manera directa, porque contribuye en la determinación de la estabilidad para un talud dando a conocer ecuaciones de equilibrio que muchas veces en suelos saturados es complicado analizarlos, proporcionan coeficientes de seguridad, se puede acceder al diseño de métodos de corrección y a un posible diseño del talud antes de su construcción.

Finalmente, algunas recomendaciones para investigaciones futuras son:

Enfocarnos en la unidad de estudio, determinando las características que presenta nuestro macizo rocoso, el tipo de roca, el tipo de suelo, los minerales que podemos encontrar y demás aspectos que forman parte de ella.

Es importante realizar un monitoreo continuo en el diseño de la estabilidad de taludes, para evaluar el estado en el que se encuentran como la peligrosidad que poseen, la vulnerabilidad y de esta manera tomar medidas antes de posibles accidentes.

REFERENCIAS

- Barajas, D. (2012). DISEÑO DE UNA MANTA BIODEGRADABLE DE TIPO EXPERIMENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE TALUDES A PARTIR DEL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS AGRÍCOLAS DE LA REGIÓN DEL TUNDAMA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26503>
- Botero , E., Flores, R., & Romo, M. (Julio-Septiembre de 2011). Nuevo método de diseño sísmico para cortinas de tierra y enrocamiento, y de taludes. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 2(3), 177-200. Obtenido de http://scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-24222011000300012&script=sci_arttext
- Grattz, K., Salazar, J., & Rodriguez, C. (2018). Análisis de los factores que determinan el diseño de mallas metálicas para la estabilización de taludes en macizos rocosos. *Obras y Proyectos*, 23, 25-38. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-28132018000100025&script=sci_arttext&tlng=n
- Medina , Y., & Cartaya , M. (2018). Uso del software Slide para el análisis del comportamiento sísmico de taludes. *Ciencia & Futuro*, 8(2). Obtenido de http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/view/1568/895
- Mira, A., Alcántara, A., & Gutiérrez, F. (2013). Caracterización geomecánica y análisis de la estabilidad del talud sur del macizo rocoso de Monteagudo (Murcia, España). *GEOGACETA*, 54, 151-154. Obtenido de [file:///C:/Users/pamela/AppData/Local/Temp/Rar\\$Dla8444.48393/Caracterizacion%20Geomecanica%201.pdf](file:///C:/Users/pamela/AppData/Local/Temp/Rar$Dla8444.48393/Caracterizacion%20Geomecanica%201.pdf)
- Mohamed , A., & Bayram , F. (2020). Utilizing a Geomechanical Classification to Preliminary Analysis of Pock Slope Stability Along Roadway d340- 41.42, Southwest of Turkey: a Case Study. *TUJE*, 4(1), 9-16. doi:10.31127 / tuje.579869
- Ochoa, A., Cartaya, M., & Blanco, J. (Enero-Marzo de 2020). Clasificación geomecánica óptima para evaluar el macizo rocoso en el frente de arranque del Tramo IV del túnel Levisa-Mayarí. *Minería y Geología*, 36(1), 50-64. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v36n1/1993-8012-mg-36-01-50.pdf>
- Pereira , C., Diaz, F., Assies, L., & Barreto, T. (2019). Three-dimensional stability analysis of an urban slope located in João Monlevade, Brazil Análisis de estabilidad tridimensional de un talud urbano ubicado en João Monlevade, Brasil. *Res., Soc. Dev.*, 8(11), 1-14. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i11.1449>

- Torres Fonseca, A., & López Hernández, D. (2014). Criterios para publicar artículos de revisión sistemática. *Esp Med Quir*, 19(3), 393-399. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2014/rmq143t.pdf>
- Vidal Ledo, M., Oramas Díaz, J., & Borroto Cruz, R. (2015). Revisiones sistemáticas. *SciELO*, 29(1), 198-207. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412015000100019&lng=es&nrm=iso,
- Blanco Fernández, E. (2011). *Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes. Revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento*. Tesis doctoral. Obtenido de [file:///C:/Users/pamela/AppData/Local/Temp/Rar\\$Dla8444.45818/A.pdf](file:///C:/Users/pamela/AppData/Local/Temp/Rar$Dla8444.45818/A.pdf)
- BMN. (4 de Agosto de 2015). *InfoMED*. Obtenido de InfoMED: <http://www.sld.cu/anuncio/2015/08/04/bmn-informa-que-es-scielo-quien-va-dirigido>
- BNE. (26 de Marzo de 2019). *Biblioteca Nacional de España*. Obtenido de Biblioteca Nacional de España: <http://www.bne.es/es/Catalogos/Dialnet/>
- Cuyutupa Moscoso, F. (2019). *EVALUACIÓN GEOMECÁNICA CON FINES DE ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA MARISCAL CASTILLA HUANCAYO - HUANCVELICA*. Tesis, Huancayo. Obtenido de <file:///C:/Users/pamela/Downloads/9%20CICLO/TALLER%20DE%20TESIS%20I/estudios%20cientificos/E.pdf>
- Dotta, G., Gigli, G., Ferrigno, F., Gabbani, G., Nocentini, M., Lombard, L., . . . Casagli, N. (2017). Geomechanical Characterization and Stability Analysis of the Bedrock Underlying the Costa Concordia Cruise Ship. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 50(9), 2397–2412. doi:10.1007/s00603-017-1219-x
- Gutiérrez, A. (2015). *El agua de infiltración de lluvia, agente desestabilizador de taludes en la provincia de Malaga, modelos constitutivos*. Universidad de Granada. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/41146>
- Infomed. (2 de Marzo de 2007). *BMN Informa*. Obtenido de BMN Informa: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/bmn_inf_ebsco_2007.pdf
- Irveen. (06 de Junio de 2010). *Mecánica de rocas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Irveen/mecanica-de-rocas>
- Morales, B. (2012). *Metodología de estabilización de taludes de carreteras*. Quito. Obtenido de <file:///C:/Users/pamela/Downloads/9%20CICLO/TALLER%20DE%20TESIS%20I/estudios%20cientificos/9.pdf>

- Muñoz, A. (24 de Octubre de 2017). *Computer Hoy*. Obtenido de *Computer Hoy*:
<https://computerhoy.com/noticias/internet/que-es-google-academico-como-functiona-52486>
- Rodríguez Cifuentes, & Sanhueza Plaza. (2012). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción*, 12(1), 17-29.
- Sujatha, E., & Thirukumaran. (2018). Rock Slope Stability Assessment Using Geomechanical Classification and its Application for Specific Slopes along Kodaikkanal-Palani Hill Road, Western Ghats, India. *Journal of the Geological Society of India*, 91(4), 489-495. doi:10.1007/s12594-018-0883-0
- Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego., A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *CIVILIZATE*, 7, 50-54. Obtenido de <file:///C:/Users/pamela/Downloads/9%20CICLO/TALLER%20DE%20TESIS%20I/estudios%20cientificos/1.pdf>

ANEXOS

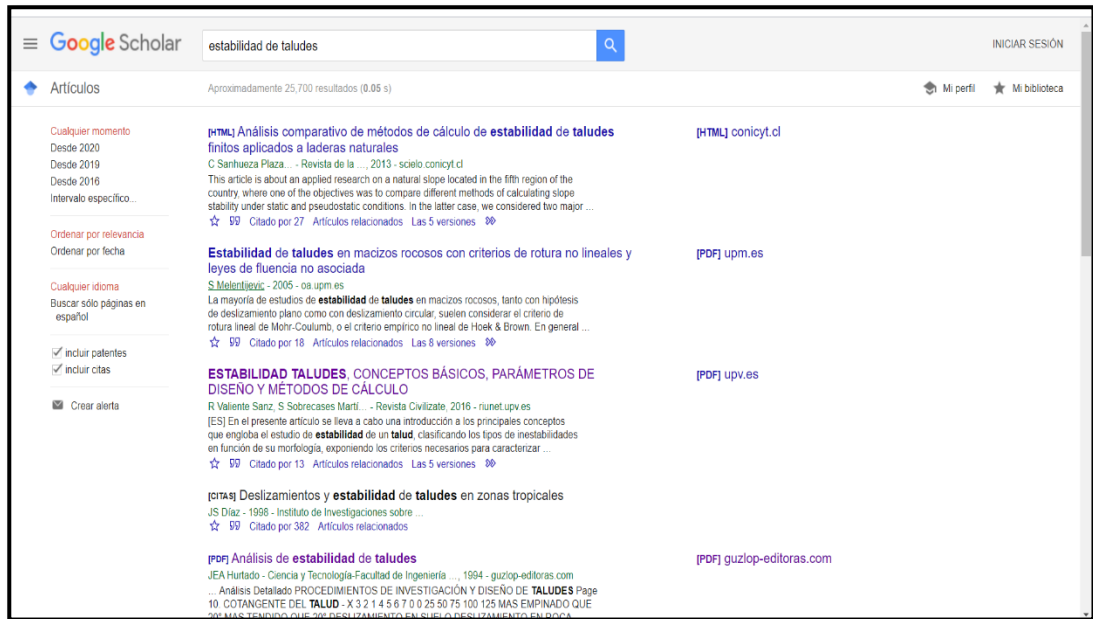


Figura 5. Plataforma de la base de datos de Google Académico.



Figura 6. Plataforma de la base de datos de EBSCO

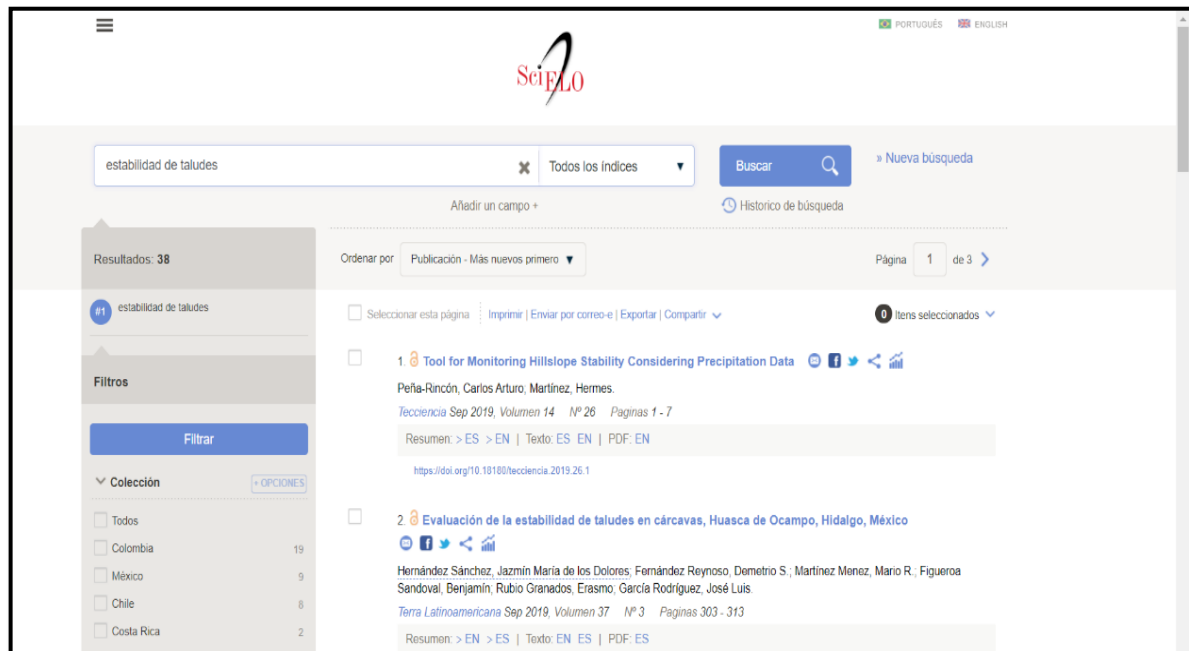


Figura 7. Plataforma de la base de datos de Scielo.

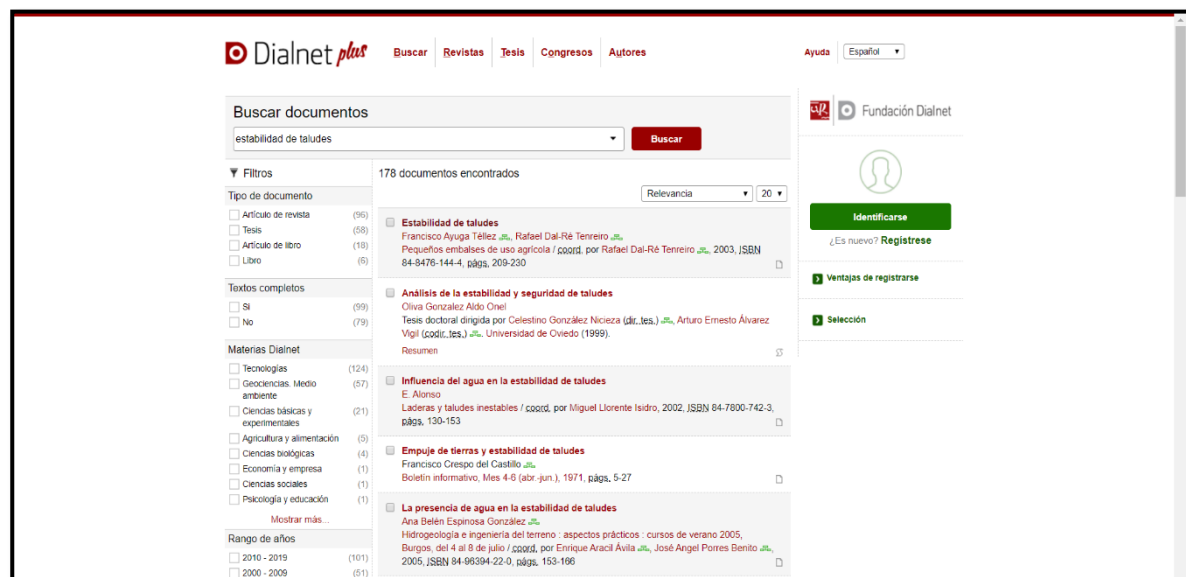


Figura 8. Plataforma de la base de datos de Dialnet.