



Geomecánica para el reconocimiento de rocas y minerales en la provincia de Huari de la región Ancash – Año 2021

Geomechanics for the recognition of rocks and minerals in the province of Huari of the Ancash region – Year 2021

Luis Torres Yupanqui^{1*}

Juan Quiñones Poma¹

Walter Romero Vega¹

Helen Espinoza Baylon^{1*}

Laurisa Giraldo Huamán¹

Angie Zelarayan Quispe²

Joyce Zapata Palacios³

¹Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.

²Junior Hydrogeologist at Piteau Associates Engineering

³Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

Recibido: 12 Mar, 2024 | Aceptado: 21 May, 2024 | 20 Jul.2024

Autor: de correspondencia*: ltorresy@unasam.edu.pe

Como citar este artículo: Torres Yupanqui, L. A., Quiñones Poma, J., Romero Vega, W., Espinoza Baylon, H., Giraldo Huamán, L., Zelarayan Quispe, A., & Zapata Palacios, J. . (2024). Geomecánica para el reconocimiento de rocas y minerales en la provincia de Huari de la región Ancash – Año 2021. *Aporte Santiaguino*, 17(1). <https://doi.org/10.32911/as.2024.v17.n1.1141>

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la geomecánica de rocas y minerales en la provincia de Huari de la región Ancash, 2021, a través de la ingeniería de rocas. Es una investigación cuantitativa. Se procedió con la aplicación de la geomecánica mediante los modelos geológico, modelo geomecánico y modelo numérico a través de trabajos de campo. Su utilizó el estándar del ISRM (Society International For Rock Mechanic's) para caracterizar el macizo rocoso. Con los ensayos de laboratorio de mecánica de rocas, se determinó la calidad del macizo rocoso de la cuarcita (tambillo) y hornfles (Cerro Saywa - San Marcos). El programa computarizado jordimoreno permitió los siguientes resultados: la calidad del macizo rocoso de la cuarcita: RMR = 64 (básico) RMR = 54 (corregido) RMR = 59 (promedio) clase III y subclase III-A (regular); la calidad del macizo rocoso del horflens: RMR = 78 (básico) RMR = 78 (corregido) RMR = 78 (promedio) clase II y subclase II-A (buena). Se concluye que en estas zonas las labores mineras y civiles garantizan su estabilidad de la labor a ejecutarse, con aporte social y científico.

Palabras Clave: geomecánica; calidad del macizo rocoso; modelo geológico; modelo numérico.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the geomechanics of rocks and minerals in the province of Huari in the Ancash region, 2021, through rock engineering. It is a quantitative investigation. The application of geomechanics was carried out using the geological models, geomechanical model and numerical model through field work. The ISRM (Society International For Rock Mechanic's) standard was used to characterize the rock mass. With the rock mechanics laboratory tests, the quality of the quartzite rock mass (tambillo) and hornfles (Cerro Saywa - San Marcos) was determined. The computerized program jordimoreno allowed the following results: the quality of the quartzite rock mass: RMR = 64 (basic) RMR = 54 (corrected) RMR = 59 (average) class III and subclass III-A (regular); The quality of the Horflens rock mass: RMR = 78 (basic) RMR = 78 (corrected) RMR = 78 (average) class II and subclass II-A (good). It is concluded that in these areas the mining and civil works guarantee the stability of the work to be carried out, with social and scientific contribution.

Keywords: geomechanics; quality of the rock mass; geological model; numerical model.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de atribución de Creative Commons, que permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que se cite debidamente la obra original.



INTRODUCCIÓN

En la investigación se aplicó los tres modelos de la Ingeniería de Rocas y geomecánica: Modelo Geológico, Modelo Geomecánico y Modelo Numérico. Se desarrolló trabajos de campo para caracterizar y determinar la calidad del macizo rocoso en la provincia de Huari, que limita por el oeste con la provincia de Recuay a través del túnel de Kahuish. Este se caracteriza por su forma de excavación tipo baúl, con una longitud de 480 metros y una altitud de 4516 m s. n. m. Actualmente, tiene dos vías en doble sentido y se encuentra estabilizado interiormente con shotcrete, con cunetas y acceso peatonal a través de todo el túnel, con una temperatura promedio de 10° C. y debidamente señalizado.

Se ubicó las zonas o puntos de estaciones emblemáticas de la provincia de Huari: Mirador Saywa, ubicado en el Distrito de San Marcos; Tambillo, ubicado en el distrito de Chavín, donde se realizó los estudios. En el Mirador Saywa, se pudo observar una estructura conformada por roca hornfels. Es una roca metamórfica formada por el contacto entre lutolita u otra roca rica en arcilla. En Tambillo, por sus consideraciones geológicas, se observó roca cuarcita, caracterizada por ser metamórfica compuesta generalmente por cuarzo, aunque puede presentar pequeñas cantidades de moscovita, ortosa y albita. Por eso, se procedió al levantamiento litológico-estructural para caracterizar al macizo rocoso, de acuerdo con el estándar del ISRM – Society International For Rock Mechanic's y determinar su calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Equipos de campo:

- Brújula
- Picza de geólogo
- Flexómetro
- Martillo Schmidt o Esclerómetro
- Tablero metálico

Métodos

Los procedimientos para la caracterización del macizo rocoso fueron los establecidos por la ISRM (Society International For Rock Mechanic's).

Levantamiento litológico: Bieniawski RMR89

Discontinuidades (Joint's)

- Persistencia
- Rugosidad
- Alteración
- Relleno
- Apertura
- Espaciamiento
- RQD (Rock Quality Designation)
- Presencia de Agua

Levantamiento estructural

- Rumbo
- Buzamiento
- Dirección de Buzamiento
- Azimut
- Rumbo del eje de la carretera

Población

La población se conformó con las rocas más representativas de la provincia de Huari, de acuerdo con el GEOCATMIN del INGEMMET.

Muestra

Se consideró los lugares más emblemáticos de la provincia de Huari. El distrito de Chavín de Huántar y Tambillo para la roca cuarcita; y en distrito de San Marcos, el Mirador Saywa, para la roca hornfels.

ABSTRACT

Distrito de Chavín de Huántar - Tambillo

Por sus consideraciones geológicas, se observó la presencia de la roca cuarcita caracterizada por ser metamórfica, compuesta generalmente por cuarzo. Puede presentar pequeñas cantidades de moscovita, ortosa y albita.

Figura 1

Tambillo km 18 -100



Propiedades físicas de la cuarcita

Tabla 1

Determinación de propiedades físicas

Muestra	Peso natural	Peso seco	Peso saturado	Volumen
Cuarcita	gr.	gr.	gr.	cm ³
M - 1	70.5	70.2	70.7	24

Tabla 2

Resumen de propiedades físicas

Muestra	Densidad	P.E a.	Porosidad aparente	Absorción (peso)
Cuarcita	gr/cm ³	KN/m ³ .	%.	%
M - 1	2.93	28.74	2.08	0.71

Determinación de las propiedades mecánicas de la cuarcita

Índice de carga puntual – Load Point Test (LPT)

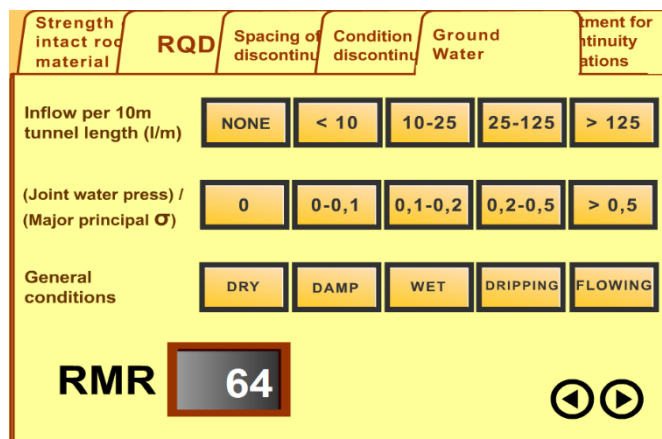
Tabla 3

Propiedad mecánica

Muestra	Diámetro	Longitud *	Carga	I _s	σ _c
Cuarcita	(cm)	(cm)	(Kg)	(kg/cm ²)	MPa
M - 1	2.50	4.20	1105.98	99.28	178.80

Determinación de la calidad del macizo rocoso

La determinación de la calidad del macizo rocoso se realizó a través del RMR89 de Bieniawski – **(Programa del Jordimoreno)**

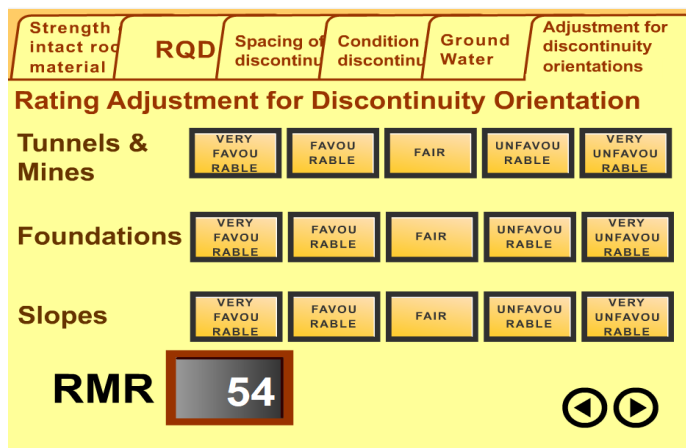


The screenshot shows the RMR89 software interface with the following parameters and values:

- Strength intact rock material:** RQD
- Spacing of discontinuities:** < 10
- Condition discontinuities:** 0, 1-0,2
- Ground Water:** 10-25
- Adjustment for discontinuity orientations:** > 125
- Inflow per 10m tunnel length (l/m):** NONE
- (Joint water press) / (Major principal σ):** 0
- General conditions:** DRY
- RMR:** 64

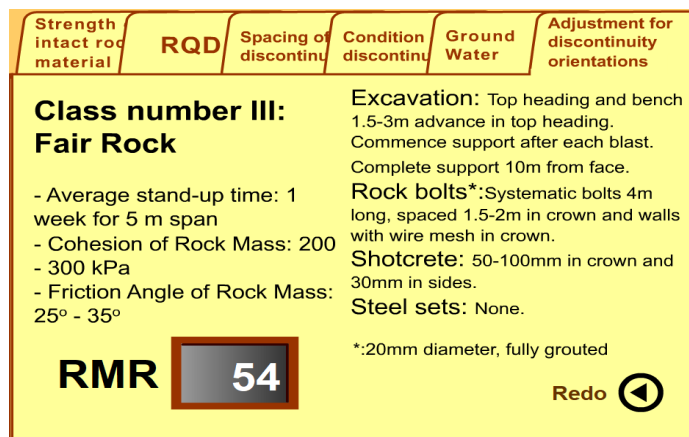
El RMR (Rock Mass Rating) básico es 64

Corrección por orientación



La familia representativa se encuentra en contra de la excavación con un buzamiento de 30°.

Resultado final del tipo de calidad de macizo rocoso



Análisis estereográfico del área en estudio

Figura 2

Cuarcita

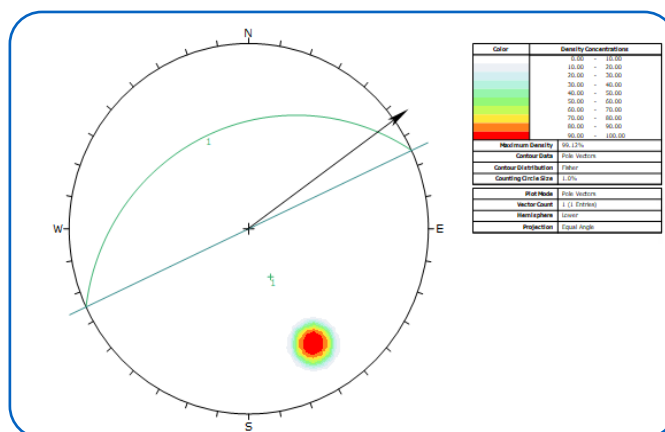
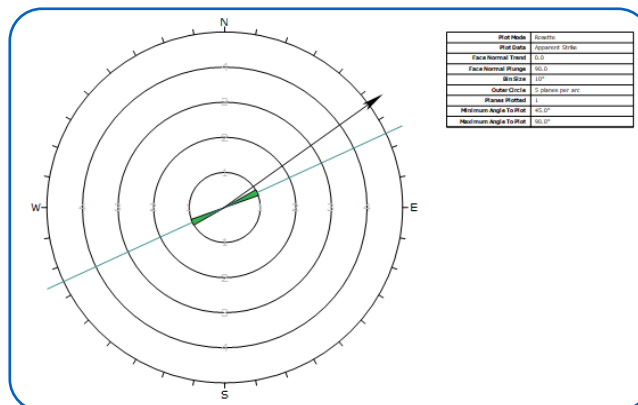


Figura 3

Cuarcita



En la Figura 2, podemos apreciar mediante el análisis estereográfico que la carretera hacia San Marcos tiene un rumbo de N 55° E, mientras que la familia representativa se encuentra en contra de la excavación con un buzamiento de 30°. En la Figura 3, se observa, mediante la roseta, que la carretera hacia San Marcos es inestable.

Conclusión de la roca cuarcita

Se determina que la calidad del macizo rocoso tiene las siguientes características:

- Clase III
- Sub Clase III – A
- Tipo macizo rocoso regular
- Tiempo de autosoporte: 1 semana para un SPAN de 5 m.
- Cohesión del macizo rocoso: 200 – 300 KPa.
- Ángulo de fricción del macizo rocoso: 25° - 35°.

Distrito de San Marcos, cerro Saywa

Por sus consideraciones geológicas, hay presencia de roca hornfels, que es una roca metamórfica formada por el contacto entre lutolita u otra roca rica en arcilla y un cuerpo ígneo caliente. Representa una alteración de calor equivalente a la roca original.

Figura 4

Mirador Saywa



Levantamiento litológico del cerro Saywa

Tabla 4

Datos litológicos de la estación

Est.	Tipo De Roca	RQD %	Espaciamiento mts.	Persistencia mts.	Apertura núm.	Rugosidad Identificado	Relleno mm.	Alteración Identificado	Agua Subt. Identificado
Est. 01	Hornfels	97.91%	0.6-2 m.	3-10 m Long.	< 0.1-1.00mm	Lig. Rugosa	Limpia	Sana	Seco

Propiedades físicas del Hornfels

Tabla 5

Propiedades físicas del Hornfels

Muestra	Densidad (gr/cm ³)	P.E.A. KN/m ³	P.A. %	Absorción %
M-1 Hornfels	2.53	24.82	7.78	3.07

Tabla 6

Rebote promedio según ISRM

Labor Y/O Nivel	Estación	Rebote Promedio Según ISRM				
1	Estación-01	42	40	40	38	36
Resistencia Compresiva (MPa)						73.48

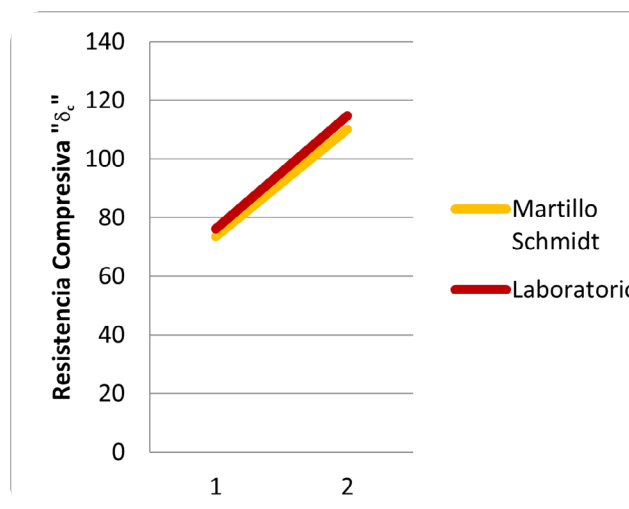
Tabla 7

Correlación de la resistencia compresiva

Estación	Tipo de roca/ mineral	δ_c Martillo	δ_c Laboratorio
Est. 01	Hornfels	73.48	76.09

Figura 5

Correlación de la resistencia compresiva



La correlación es simétrica en el valor de la resistencia compresiva “ δ_c ”, cuantificada en el campo y en el laboratorio de mecánica de rocas. La correlación se aplicó en la valoración del macizo rocoso.

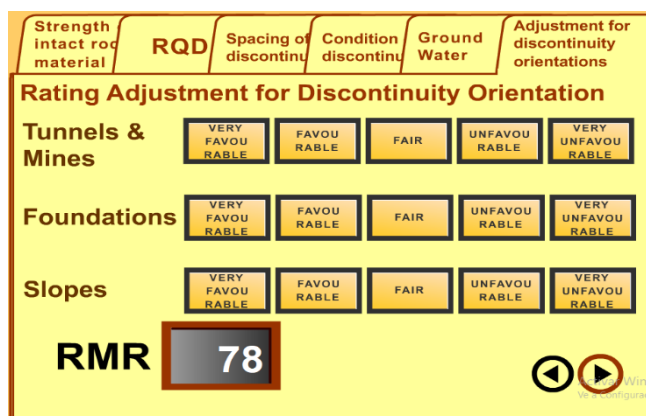
Determinación de la calidad del macizo rocoso

Para determinar la calidad del macizo rocoso se utilizó el RMR89 de Bieniawski – (Programa del Jordimoreno)

Strength intact rock material	RQD	Spacing of discontinuities	Condition of discontinuities	Ground Water	Adjustment for discontinuity orientations
Inflow per 10m tunnel length (l/m)	NONE	< 10	10-25	25-125	> 125
(Joint water press) / (Major principal σ)	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5
General conditions	DRY	DAMP	WET	DRIPPING	FLOWING
RMR 78					

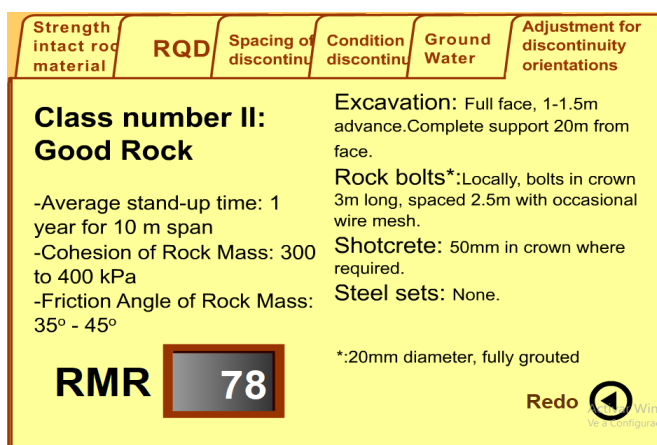
EL RMR (Rock Mass Rating) básico es 78

Corrección por orientación



La familia representativa se encuentra a favor de la rampa-terraplén con un buzamiento de 64°.

Resultado final del tipo de calidad de macizo rocoso



Análisis estereográfico del área en estudio

Figura 6

Hornfles

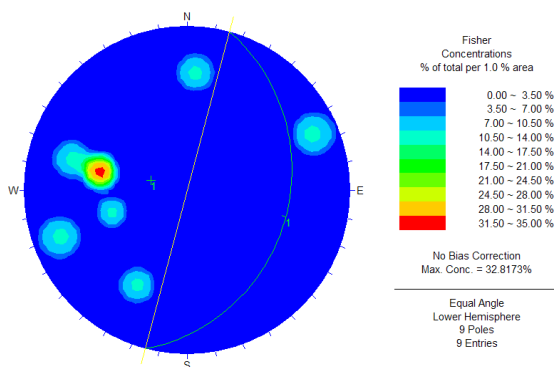
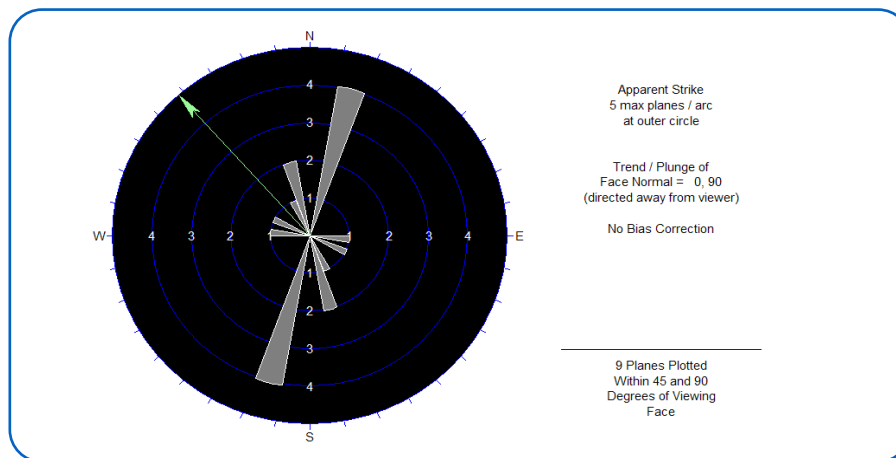


Figura 7

Hornfles



En la Figura 6, podemos apreciar mediante el análisis estereográfico que la rampa-terraplén del Mirador Saywa tiene un rumbo de N 32° W, mientras que la familia representativa se encuentra a favor de la rampa-terraplén con un buzamiento de 64°. En la Figura 7, se puede apreciar mediante la roseta que la rampa-terraplén del Cerro Saywa es estable.

Conclusión de la roca Hornfles

La calidad del macizo rocoso tiene las siguientes características:

- Clase II
- Sub clase II– A
- Tipo macizo rocoso bueno
- Tiempo de autosoporte: 1 año para un SPAN de 10 m.
- Cohesión del macizo rocoso: 300 – 400 KPa.
- Ángulo de fricción del macizo rocoso: 35° - 45°.

Clasificación geomecánica del macizo rocoso

La determinación de la calidad del macizo rocoso de las rocas representativas del Mirador Saywa y Tambillo se observan en las siguientes tablas.

Tabla 8

Cálculo del RMR promedio

Estación	Tipo de roca/ mineral	RMR Básico	RMR Corregido	RMR Promedio
Est. 01	Cuarcita	64	54	59
Est. 01	Hornfles	78	78	78

Tabla 9

Calidad del macizo rocoso de acuerdo al RMR (Bieniaswki – 1989)

Tipo de roca/ mineral	Clase	Sub Clase	Calidad
Cuarcita	III	III-A	Regular
Hornfles	II	II-A	Buena

DISCUSIÓN

Roca cuarcita

De acuerdo a clasificación Geomecánica de Bieniaswki (1989), la calidad del macizo rocoso tiene las siguientes características.

- Clase III
- Sub clase III – A
- Tipo macizo rocoso regular
- Tiempo de autosoporte: 1 semana para un SPAN de 5 m.
- Cohesión del macizo rocoso: 200 – 300 KPa.
- Angulo de fricción del macizo rocoso: 25° - 35°.

Roca Hornfles

De acuerdo a clasificación Geomecánica de Bieniaswki (1989), la calidad del macizo rocoso tiene las siguientes características.

- Clase II
- Sub Clase II – A
- Tipo macizo rocoso BUENA
- Tiempo de Autosoporte: 1 AÑO para un SPAN de 10 m.
- Cohesión del macizo rocoso: 300 – 400 KPa.
- Angulo de fricción del macizo rocoso: 35° - 45°.

CONCLUSIONES

En el aspecto social, en la zona de Tambillo, la roca cuarcita tiene constantes deslizamientos porque es de competencia regular. En el cerro Saywa, la roca hornfels es estable porque la zona es competente.

En el aspecto científico, se aplican de los conocimientos de la ingeniería de rocas: geomecánica.

REFERENCIAS

Alarcón, F., & Calderón, C. (2019). *Actividad minera artesanal en las regiones de Áncash y Cusco*”.

Espinoza, M. (2018). *Estimación de recursos minerales en la mina Santa Fe Buenavista Alta – Casma – Áncash*”.

Henry, L. (2021). *Información del catálogo virtual de rocas y minerales*.

INGEMMET (2017). *Prospección de recursos de rocas y minerales industriales en la región Áncash*.

Panez J. (2018). *Evaluación del prospecto polimetálico Colcapampa, comunidad de Huamarí – Chamunayoc, distrito y provincia de Huaraz, región de Áncash*.

Salazar, J. (2019). *Determinación del estado actual de la seguridad vial de la carretera Túnel de Kabuish – Chavín de Huántar – San Marcos, tramo Machac – Chavín de Huántar – San Marcos, Ancash – 2019*”.

Torres, L. (2023). *Determinación de parámetros geomecánicos*.