



Análisis de la actividad de carguío y transporte en minería artesanal en El Guayabo, Ecuador

Analysis of loading and transportation activity in artisanal mining in El Guayabo, Ecuador

Rojas Villacís, Cynthia Anali; Zúñiga Arrobo, Cristian Andrés

 Cynthia Anali Rojas Villacís
cynthia.rojas@geoenergia.gob.ec
Instituto de Investigación Geológico y Energético – IIGE. Quito, Ecuador

 Cristian Andrés Zúñiga Arrobo
cristian.zuniga@geoenergia.gob.ec
Instituto de Investigación Geológico y Energético – IIGE. Quito, Ecuador

FIGEMPA: Investigación y Desarrollo
Universidad Central del Ecuador, Ecuador
ISSN: 1390-7042
ISSN-e: 2602-8484
Periodicidad: Semestral
vol. 14, núm. 2, 2022
revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 16 Diciembre 2020
Aprobación: 08 Julio 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6243122004/>

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v14i2.3854>

Autor de correspondencia: cynthia.rojas@geoenergia.gob.ec



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Cómo citar: Rojas-Villacís, C. A. & Zúñiga-Arrobo, C. A. (2022). Análisis de la actividad de carguío y transporte en minería artesanal en El Guayabo, Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 14(2), 1–12. <https://doi.org/10.29166/revfig.v14i2.3854>

Resumen: El objetivo de este trabajo fue analizar la actividad de carguío y transporte minero en siete labores del sector de El Guayabo, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro con la finalidad de evidenciar cuales son las fallas principales que se presentan en esta tarea como parte del análisis de un ciclo minero de trabajo que comprende las tareas de: perforación, voladura, ventilación, desate, limpieza del frente de trabajo, carguío y transporte del material arrancado. En el análisis de la tarea de carguío y transporte, se ha considerado la longitud total desde el frente de trabajo de extracción de material hacia el exterior de la mina pasando por la bocamina, hasta el centro de acopio mineral o hacia el botadero mineral, la topografía, las condiciones de las vías de transporte, los obstáculos que se presentan en vías o sección de galería, el tiempo de ejecución de la tarea de carguío y transporte, el número de personal empleado, el tipo de equipos y vehículos utilizados, y en función de estos las dimensiones de las galerías, curvas, inclinación y peralte de vías. Las labores mineras analizadas en el sector de “El Guayabo” evidencian cuatro complicaciones técnicas principales. La consecuencia de estas complicaciones genera que los trabajadores aumenten su esfuerzo físico y que se prolongue las horas de trabajo, que provoca un aumento de los riesgos de trabajo y aumento en los costos de producción en contraste con la recuperación económica que se busca. Como resultado del análisis de la tarea de carguío y transporte se propone mejorar el diseño en cuanto a las cuatro complicaciones técnicas.

Palabras clave: minería artesanal, pequeña minería, El Guayabo, carguío y transporte, minería subterránea.

Abstract: The main objective of this work was to analyze the freight and mining transport activity in seven works in the “El Guayabo” sector, Santa Rosa canton, El Oro province, in order to show what are the main failures that occur in this task as part of the mining work cycle analysis that includes tasks as: drilling, blasting, ventilation, loosening, cleaning of all work front, loading and transport of chopped material. In the loading and transport task analysis, total length from the material extraction work front outside of mine through ridge to the mineral collection center or to the mineral dump, through topography, has been considered conditions of the transport routes, obstacles that appear in roads or gallery section, execution time of the loading and transport task, the personnel employed

number, the equipment and vehicles type used, and depending on these the gallery dimensions, curves, inclination and cant of ways. The mining works analyzed in the “El Guayabo” sector, show four main technical complications. As consequence of these complications causes workers to increase their physical effort and prolong working hours, which causes an increase in work risks and an increase production costs in contrast to the economic recovery sought. As a result of the loading and transport task analysis, it is proposed to improve the terms design of four technical complications.

Keywords: artisanal mining, small mining, El Guayabo, loading and transportation, underground mining.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la actividad en pequeña minería y minería artesanal en Ecuador; en varios casos, tiene complicaciones en la tarea de carguío (acarreo) y traslado de material o roca producto de la voladura, desde el frente de explotación o frente de trabajo localizado al interior de la labor minera hacia el exterior de ella, cuyo destino será un centro de acopio mineral o a la escombrera temporal, en dependencia si el material o roca contienen minerales de interés económico o no.

En la provincia de El Oro, parroquia Torata, en el sector “El Guayabo”, se desarrolla actividad minera, donde existe varias labores que extraen material rocoso que presenta contenido mineral de interés económico entre los principales el Au y la Ag, estas labores mineras tienen diferentes dimensiones de trabajo, avance, profundidad, grado de tecnificación entre otros que no han sido desarrollados siguiendo algún orden o planificación.

Las labores mineras presentan diferentes grados de inversión y diferentes tipos de asociaciones y/o dueños con complejo grado de participación económica y estructuralmente conectadas entre sí.

En Ecuador la minería artesanal y de sustento por su capacidad de producción se considera que para minerales metálicos se puede extraer hasta 10 toneladas por día en minería subterránea (Ley de Minería, 2009).

Para minería artesanal: la maquinaria y equipos para la obtención de minerales metálicos utilizados en explotación subterránea en minado son: compresor con una capacidad de 180 cfm (pies cúbicos por minuto), martillo perforador neumático, martillo perforador eléctrico, barrenos de perforación de hasta 1,50 metros, para clasificación, carga y transporte: trituradora de mandíbulas, winche, carros de mina, en equipos auxiliares: bombas de agua, ventilador y extractor de gases y generador eléctrico (ARCOM, 2013).

La mayoría de las minas creadas en este sector se han desarrollado artesanalmente y el sistema de explotación consiste en elaborar labores mineras que siguen la dirección de un sistema vetiforme con vetas que varían de 5,0 cm hasta 60,0 cm de espesor, que presenta contenido de mineral de interés económico, con direcciones preferenciales NW – SE,

En pequeña minería para minerales metálicos se puede extraer hasta 300 toneladas por día en minería subterránea (Ley de Minería, 2009).

NOTAS DE AUTOR

cynthia.rojas@geoenergia.gob.ec

Planteamiento del problema

La puesta en marcha de un proyecto minero compromete contar con la información técnica y económica que permita evaluar si la actividad desarrollada es rentable.

El diseño y construcción de las galerías o labores mineras debe permitir extraer y transportar el material rocoso; una vez arrancado, de forma fluida y continua cumpliendo con la planificación de la producción (ARCOM, 2013).

El alcance del presente estudio es identificar las principales complicaciones que se producen en la tarea de carguío y transporte en minería subterránea y proponer mejoras técnicas a estas complicaciones con la finalidad de mejorar y optimizar este proceso que es considerado como la actividad que mayor costo demanda en la extracción del mineral.

Una vez obtenido los resultados las labores mineras tendrán la capacidad de identificar las principales complicaciones que se presenta en el laboreo minero, específicamente en la tarea de carguío y transporte y podrán ejecutar acciones de mejoras para subsanar estos obstáculos y al final optimizar (tiempos, producción, costos) el proceso de carguío y transporte.

MATERIAL Y MÉTODOS

Actividades para obtener información:

- Revisión bibliográfica sobre las tareas del ciclo minero de trabajo en labores subterráneas: tarea de carguío y transporte.
- Identificación del sector de estudio y de las labores mineras a ser inspeccionadas.
- Definición de parámetros técnicos a ser levantados mediante fichas de diagnósticos.
- Elaboración de fichas técnicas de diagnóstico.
- Preparación de logística para salida de campo.
- Acercamiento y socialización con los operadores mineros.
- Recolección de información en la ficha técnica de diagnóstico.
- Levantamientos topográficos.
- Validación de información y procesamiento de datos.
- Cálculos de diseño relacionado a las complicaciones identificadas.
- Proponer diseños y mejoras a los problemas identificados.

Ubicación de labores mineras

- Bocaminas de las labores mineras mediante sistema de posicionamiento GPS diferencial.
- Labores de almacenamiento de material con contenido mineral o stock (cancha mina).
- Labores de descarga como botaderos o escombreras de material estéril o caja (roca sin contenido mineral).

Topografía

- Desde la bocamina hacia el interior de la labor minera hasta el frente de trabajo donde se realiza la extracción de material (rumbo, buzamiento, distancias e inclinación).
- Dimensiones de la galería (ancho, alto, radio de la bóveda).
- Dimensiones de curvas en las vías (gradiente, peralte).

- Desde la bocamina hacia el exterior de la labor minera hasta botaderos o escombreras.

Medición de equipos

- Palas manuales.
- Carretillas.
- Vagones o carros mineros.

Cantidad de material

- Número de paladas que llenan un bulto con material mineral y del estéril.
- Volumen de material mineral y del estéril que cabe en una pala.
- Volumen del material mineral y del estéril por viaje transportado.
- Número de vagones para transporte de material mineral y del estéril.
- Cantidad de material mineral y del estéril transportado por viaje.

Destino del material

- Desde el frente de explotación o arranque hacia el almacenamiento mineral (cancha mina).
- Desde el frente de explotación o arranque hacia el botadero o escombrera.

Número de Personal empleado

- Por turno en la tarea de carguío de material mineral y del estéril.
- Por turno en la tarea de transporte del material mineral y del estéril.

TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA TAREA

Carguío

- Selección de la roca mineralizada y llenado de un bulto (costales o sacos de lona de 75 kg).
- Llenado de un vagón de una tonelada de capacidad con material mineral proveniente del buzón, utilizando palas manuales.
- Trasiago del material estéril.
- Llenado de un vagón de una tonelada de capacidad con material estéril proveniente del buzón, utilizando palas manuales.
- Maniobras durante el carguío de material del buzón al vagón.

Transporte

- Desde el frente de trabajo o arranque hacia el buzón.
- Desde el buzón hacia almacenamiento mineral (cancha mina).
- Desde el buzón hacia el botadero o escombrera.

Parámetros para determinar las dimensiones de la sección de una galería

De acuerdo a Guzmán (2011) tenemos las siguientes expresiones:

$$A = n + V + m$$

$$H = hv + hb$$

$$hb = r = A/2$$

Dónde:

A: ancho de galería

n: distancia entre fortificación y medio de transporte, y/o espacio para cuneta de agua, $0,20 \text{ m.} \leq n \leq 0,25 \text{ m.}$

V: ancho del sistema de transporte.

m: distancia mínima para el andén de las personas, $0,70 \text{ m.} \leq m \leq 0,75 \text{ m.}$

H: altura de la galería.

hv: altura del vagón o medio de transporte.

hb: altura de la bóveda.

r: radio de la bóveda.

Para el cálculo de las dimensiones de la galería, se debe tomar en cuenta el equipo de transporte más grande, en el presente análisis; son los vagones (ver ecuación 1 y ecuación 2).

Cálculo de la pendiente

Según el Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, 2020 tenemos la siguiente ecuación:

$$\tan\beta = \frac{Dv}{Dh} = \text{PEN}(\text{gradiente}) \quad [\text{Ec. 1}]$$

Dónde:

PEN: pendiente del piso de la galería.

Dv: distancia vertical.

Dh: distancia horizontal.

$\tan \beta$: tangente del ángulo de inclinación respecto al piso de la galería.

Cálculo de radio de giro

Para este cálculo Rojas (2008) considera:

$$T = r * \tan\frac{\alpha}{2} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Al despejar r tenemos: (Ec. 3)

$$r = \frac{T}{\tan\frac{\alpha}{2}} \quad [\text{Ec. 3}]$$

Dónde:

r: radio de curvatura del eje de la galería. **T:** tangente a la circunferencia de radio r. **α :** ángulo de deflexión.

RESULTADOS

Ubicación de labores mineras Coordinadas

En la tabla 1 presentamos el resumen de las coordenadas de ubicación de las minas. WGS84, 17 S (tabla 1)

TABLA 1
Coordenadas de ubicación

MINA	ESTE	NORTE	h(m.s.n.m.)
A	626895	9605313	884
B	627033	9605313	772
C	626691	9605592	778
D	627139	9604936	746
E	627074	9604968	784
F	628719	9605328	875
G	629022	9605078	827

Topografía

La topografía levantada permitió identificar: (ver tabla 2).

1. Problemas en las dimensiones mínimas de las galerías

TABLA 2
Identificación de las secciones de las galerías que presentan problemas de diseño (muy pequeñas)

MINA	Número de sección con problemas	Alto total promedio (metros)	Ancho total promedio (metros)	Galería principal (GP) Galería Superior (GS)
A	21	1,5	1,05	GP
B	15	1,63	1,33	GP
	3	1,8	1,13	GS
C	11	1,2	1	GP
D	6	1,5	1,13	GP
E	5	1,76	1,17	GP
F	9	1,57	1,25	GP
G	20	1,85	1,19	GP

El alto promedio incluye el punto más alto de la galería abovedada.

Galería principal (GP): labor minera donde se desarrolla el transporte principal que saca todo material desde el interior de la labor hacia la bocamina.

Galería nivel superior (GS): labor minera localizada a 30 m. de altura por encima de la galería principal.

Galería nivel inferior (GI): labor minera localizada a 30 m. por debajo de la galería principal.

2. Problemas en la pendiente (gradiente) de las vías en relación a la distancia horizontal, detallados en las tabla 3 y tabla 4.

TABLA 3

Variaciones en la inclinación de las vías al interior de las galerías (pendientes negativas)

MINA	Número de pendientes con problemas	Distancia horizontal promedio (metros)	Ángulo vertical promedio (grados)	Diferencia de cota promedio (metros)	Galería principal(GP) Galería Superior (GS)
A	4	5,31	-1,65°	- 0,16	GP
B	2	2,50	-2,5°	- 0,15	GP
	2	1,88	-1,0°	-0,035	GS
C	3	7,59	-0,6°	-0,09	GP
D	1	4,95	-0,4°	-0,03	GP
E	4	5,82	-1,5°	-0,12	GP
F	7	5,23	-1,3°	-0,10	GP
G	36	7,56	-1,42°	-0,20	GP
	4	5,28	-1,7°	-0,15	GI

El ángulo vertical y la diferencia de cota expresados en valores negativos indican que las medidas se ubican bajo la línea horizontal de referencia.

Las labores mineras que presentan vías externas y cuentan con escombreras son las minas A, B y D.

TABLA 4

Variaciones en la inclinación de las vías desde la bocamina hacia la escombrera (pendientes negativas).

MINA	Número de pendientes con problemas	Distancia horizontal promedio (metros)	Ángulo vertical promedio (grados)	Diferencia de cota promedio (metros)	Línea principal(LP)
A	8	9,03	-0,78°	-0,10	LP
B	26	7,77	-1,55°	-0,22	LP
D	2	6,35	-1,2°	-0,11	LP

3. Problemas en la variación de la dirección de las vías: detallados en las tabla 5 y tabla 6.

TABLA 5
Variaciones bruscas de la dirección de la vía en distancias cortas de galerías (curvas cerradas)

MINA	Número de cambios en la dirección de las vías con problemas	Variación promedio de la dirección de vías. (Variación del Azimut) (grados)	Galería Inferior (GI) Galería principal (GP) Galería Superior (GS)
A	9	19,5°	GP
B	12	25°	GP
	19	25°	GS
C	10	34°	GP
D	4	28°	GP
E	11	20°	GP
F	12	35°	GP
G	22	34°	GP
	12	30°	GI

TABLA 6
Variaciones bruscas de la dirección de la vía en distancias cortas desde la bocamina hacia la escombrera (curvas cerradas)

MINA	Número de cambios en la dirección de las vías con problemas	Variación promedio de la dirección de vías. (Variación del Azimut) (grados)	Línea principal(LP)
A	2	41°	LP
B	0	-	LP
D	8	34°	LP

Presentamos el número de personas empleadas en las actividades de carguío y transporte por cada vagón de ruedas que tienen una capacidad de 0,34 m³ y 0,45 m³ (vagones más grandes); y, la cantidad de material estéril y mineral transportado (ver tabla 7 y tabla 8).

4. Problemas en el diseño y dimensionamiento de los buzones

Todos los buzones al interior de las labores mineras son labores inclinadas que no tienen un diseño que permita tener etapas de almacenamiento y trasiego de material, e interrumpe su fluidez (Alarcón & Farías, 2003) (tabla 9).

TABLA 7

Número de personas en carguío y transporte, y, cantidad de material estéril y mineral transportado.

MINA	Número de personas en carguío	Número de personas en transporte	Cantidad de material estéril transportado (toneladas)	Cantidad de material mineral transportado (toneladas)
A	4	2	0,15	0,075
B	2	2	0,60	0,30
C	2	1	0,15	0,075
D	2	2	0,60	0,30
E	2	2	0,15	0,075
F	2	2	0,192	0,225
G	2	2	0,60	0,30

TABLA 8

Tiempo promedio de carguío y transporte de material estéril y mineral.

MINA	Promedio carguío estéril (minutos)	Promedio carguío mineral (minutos)	Promedio transporte estéril (minutos)	Promedio transporte Mineral (minutos)
A	17:02	10:48	20:13	18:19
B	06:05	13:07	20:24	27:50
C	14:35	12:29	15:08	24:29
D	19:35	09:25	26:02	15:18
E	17:14	14:31	21:19	28:40
F	04:28	07:05	05:28	15:58
G	34:46	11:05	36:16	19:42

TABLA 9

Ejemplo de las dimensiones que presenta un buzón

MINA	Largo (metros)	Ancho (metros)	Profundidad (metros)	Ángulo de inclinación (grados)
A	0,73	0,66	1,30	26,9°

DISCUSIÓN

El análisis de la tarea de carguío y transporte muestra a siete labores mineras artesanales del sector de “El Guayabo”, donde el personal de trabajo son los mismos socios o dueños, que poseen equipos limitados y el mismo personal realiza todas las actividades del ciclo minero de trabajo.

El estudio en las siete labores mineras fue posible considerar el carguío y transporte desde el frente de trabajo que en ese momento se encontraba activo en cada mina.

El ancho y alto de los vagones con ruedas más grandes utilizados varían:

$$0,45 \text{ m.} \leq V \leq 0,65 \text{ m.}$$

$$0,60 \text{ m.} \leq hv \leq 1,20 \text{ m.}$$

En base a un diseño técnico se puede decir que las dimensiones mínimas de las galerías deben ser los considerados en la tabla 10:

TABLA 10
Propuesta al diseño de la sección de galería

Propuesta al diseño de la sección de galería	Alto (metros)	Ancho (metros)	Área (metros cuadrados)
	1,95	1,50	2,93 m ²

El diseño propuesto aplica para labores mineras artesanales que tienen este tipo de vagones y tamaño.

En las minas cuyo sistema de transporte es por vagones de ruedas, el ángulo β o grado de inclinación del piso de las vías debe estar entre 1° a 5° (Hidalgo, 2010), lo cual garantiza un desplazamiento uniforme y una velocidad constante de transporte.

El peralte del piso es necesario cuando el vagón viaja en curvas cerradas a una velocidad determinada, para contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de la fricción que se genera entre las ruedas y piso (Ojeda, 2018). Por lo que se sugiere que el peralte esté entre 2° a 3°.

Tanto la gradiente del piso y el peralte inciden para encausar el agua sobre la cuneta de drenaje hacia fuera de la labor y que el agua no fluya por todo el piso de la galería.

TABLA 11
Longitudes en relación al radio de curvatura para el giro de vagones

Propuesta al diseño de la curvatura de las vías	Variación de la dirección de curvatura (grados)	Distancia antes y después de la curvatura T: (metros)	Radio de curvatura r: (metros)
	90°	1,0	1,00
	60°	1,0	1,73
	20°	0,5	2,84
	30°	0,4	1,49

Los datos permiten tener una curvatura lo suficientemente amplia para la circulación de los vagones (tabla 11).

El diseño de buzón debe tener tres estructuras principales como se indica en la tabla 12:

TABLA 12
Propuesta al diseño de buzón

Propuesta al diseño de buzón	Yee de buzón	Cuerpo	Estocada
Ángulo de inclinación (grados)	45°	20°	30°
Profundidad horizontal (metros)	1,30	1,80	1,00
Longitud de inclinación (metros)	En dependencia de la altura entre galerías		

La estocada debe ser diseñada en función de las dimensiones del equipo de transporte.

CONCLUSIONES

Este estudio brinda información que ayudará al minero a conocer los factores técnicos considerados en el desarrollo de su proyecto, y aplicar soluciones o correcciones con la finalidad de optimizar el trabajo, crear condiciones de seguridad, mejorar los tiempos de ejecución de la actividad y al final poder relacionar la información con los costos de producción.

Se propone mejorar el diseño en cuanto a las cuatro complicaciones técnicas de la siguiente manera:

1) Las dimensiones mínimas y de seguridad de las galerías en relación a la maquinaria de transporte más grande que son los vagones de 1 tonelada indican que la sección debe tener 1,5 m. de ancho por 1,95 m. de alto, manteniendo la forma abovedada de radio igual a la mitad del ancho de la galería es decir de 0,75 m.

2) Para un desplazamiento uniforme de la maquinaria, la pendiente de la vía debe estar entre 1° a 5° (grados) de gradiente y un peralte de 2° a 3° (grados) e incluir los mantenimientos periódicos de la vía.

3) Para el radio de curvatura cuando la dirección de la vía se predispone a dar un giro de 20° (grados) respecto a su eje central, por lo menos 0,50 m. antes del giro, se debe empezar el diseño de curvatura y continuar la curva hasta 0,50 m. después, respecto al eje central. Cuando la variación de la galería es de 30°, se debe considerar una distancia antes y después del giro de 0,40 m., y para cambios de dirección de la galería de 60° y 90°, se debe considerar una distancia de 1,00 m antes y después del giro.

4) El diseño de los buzones debe contener sus tres partes estructurales principales, la "Yee" de buzón con una inclinación de 45° y profundidad horizontal de 1,30 m., el cuerpo de buzón con una inclinación de 20° y profundidad horizontal de 1,80 m., y la estocada de buzón con inclinación de 30° y profundidad horizontal de 1,00 m. Las alturas del cuerpo del buzón dependen de la altura entre niveles.

La propuesta del diseño de galerías mejora la distribución del espacio de trabajo, permite el tránsito fluido del personal y material, preserva la ergonomía del personal y evita retrasos en el transporte.

El control de la gradiente en las vías entre 1° y 5° ayuda a que los vehículos y personal no realicen excesivos esfuerzos de maniobra de frenado, o esfuerzo del personal al empujar los vagones.

El diseño de las vías debe tener un peralte entre 2° y 3° para ayudar al movimiento de los vagones y además encausar el agua sobre la cuneta de drenaje.

El buzón debe considerar el volumen de producción y las dimensiones del equipo de transporte, con una estocada de 30° que facilite la caída del material.

En la mayoría de las labores mineras se tienen una relación de 2:1 (ARCOM, 2013), es decir que por cada 2 toneladas (t) de material estéril extraído se obtiene 1 tonelada de material mineral.

RECOMENDACIONES

Es importante que en las minas estudiadas se preste especial atención al adecuado diseño en las dimensiones de sus galerías, mantener el radio de giro en las curvas y peralte de las galerías acordes a las dimensiones de los equipos de transporte, adecuar el diseño de buzones de trasiego de material, ejecutar acciones de control y limpieza que permita liberar los obstáculos durante el transporte de vagones sin generar retrasos o interrupciones y realizar el correcto mantenimiento y nivelación de las vías.

Acciones que mejorarán la seguridad del personal, optimizarán tiempos de trabajo, y al final reflejarán ahorros significativos en los costos de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM). (2013). Instructivo para caracterización de maquinarias y equipos con capacidad limitada de carga y producción para la minería artesanal. *Resolución Nro.001-INS-DIR-ARCOM-2013*. Quito, Ecuador.
- Alarcón, M. E. & Fariás, A. (2003). *Diseño de un buzón para carguío lateral de mineral, para minera Las Cenizas S. A.* Tesis pregrado, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Ingeniería Mecánica. <http://dspace.utalca.cl/handle/1950/426>
- Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente. (2020). *Análisis del Terreno. Universidad de Alcalá* https://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/AnalisisTerreno/DEMModule/DEM_T_Sl.htm [Último acceso: 10 diciembre 2020].
- Ley de Minería 45*. (2009). Suplemento del Registro oficial número 517, 29 de enero de 2009. Quito, Ecuador. https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/08/ENERGET-LEY_DE_MINERIA-20-DE-AGOSTO-DE-2020.pdf
- Guzmán, A. (2011). *Diseño de Galerías Subterráneas*. Clase Noveno Semestre Carrera de Ingeniería de Minas. Universidad Central del Ecuador.
- Hidalgo, J. (2010). *Transporte Minero*. Clase Octavo Semestre Carrera de Ingeniería de Minas. Universidad Central del Ecuador.
- Ojeda, J. M. (2018). *Transferencia del sistema trackles al sistema de transporte con locomotora y vagones para secciones angostas en el BP-2275 S.E. Unidad Operativa Arcata*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5068>
- Rojas, J. (2008). *Topografía: Cálculo de Pendientes*. <https://bit.ly/3PTmPU4>