



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

Cartography of vulnerable areas to geological risk in Zaruma based on the weighting of underground and surface mining topography

Cartografia de áreas vulneráveis ao risco geológico em Zaruma com base na ponderação da topografia mineira subterrânea e de superfície

Carlos Eduardo Medina Calva^I
geocarlos_medina@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-8917-3275>

Hernán Luis Castillo Garcia^{II}
hernan.castillogarcia@unl.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5706-0130>

Fabian Ricardo Ojeda Pardo^{III}
Fabian.ojeda@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3192-5084>

Cesar Voltaire Jaramillo Espinosa^{IV}
Cesarjar2471@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2926-7270>

Correspondencia: geocarlos_medina@hotmail.com

***Recibido:** 29 de abril de 2023 ***Aceptado:** 12 de mayo de 2023 * **Publicado:** 19 de junio de 2023

- I. Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, Máster en Topografía por la Universidad Nacional de Loja, UNL, Ecuador.
- II. Ingeniero de Minas, por la Universidad Nacional de Loja, UNL, Ecuador, Docente de la carrera de Minas, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- III. Ingeniero en Minas, Máster en Metalurgia por la Universidad de Moa, Cuba, Docente de la carrera de Minas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador
- IV. Ingeniero de minas, por la Universidad Nacional de Loja, UNL, Ecuador.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

Resumen

Desde tiempos antiguos Zaruma ha sido considerada una de las zonas con enriquecimiento de oro más importantes, derivado de ello nace el interés de algunas compañías extranjeras entre ellas la South American Development Company (SADCO) una subsidiaria de ASARCO y posteriormente CIMA, en la actualidad empresas ecuatorianas continúan trabajando en áreas concesionadas por el Estado. La tendencia de mineralización tiene direccionamiento Norte- Sur por debajo de la ciudad de Zaruma originando una explotación en sentido lineal y con rebajes ascendentes próximos a superficie, provocando un riesgo potencial en la ciudad.

El colapso de la escuela Fe y Alegría (año 2016) en el centro de la ciudad fue un claro ejemplo de la magnitud del problema, sumado a los continuos trabajos de minería ilegal que hasta la actualidad se hacen debajo de la ciudad, con seguridad en los próximos años vendrán situaciones graves inclusive con pérdidas de vidas humanas.

A raíz de lo sucedido y con la importancia que merece la seguridad de las personas se estimó conveniente orientar un estudio en la zona central de la ciudad de Zaruma relacionado con la orientación estructural de las vetas con proximidad a la superficie en sentido Norte Sur y con un buzamiento casi constante, estableciendo una valoración técnica de sismicidad, pendientes, isoyetas, geología, topografía en subterráneo y en superficie para el desarrollo de un modelo digital de riesgos. El producto final de este trabajo será un mapa de riesgos sobre el cual se pueda desarrollar un plan de intervención y remediación en el casco urbano de Zaruma enfocado hacia la zona de mayor riesgo, así como la replanificación territorial de la ciudad para el desarrollo constructivo en zonas seguras y precautelar la vida de la población Zarumeña.

Palabras Claves: Minería; Topografía; Caracterización; Susceptibilidad; Riesgo.

Abstract

Since ancient times, Zaruma has been considered one of the most important gold enrichment areas. As a result, the interest of some foreign companies arose, including the South American Development Company (SADCO), a subsidiary of ASARCO, and later CIMA, currently companies Ecuatorians continue to work in areas granted by the State. The mineralization trend is North-South directed below the city of Zaruma, causing exploitation in a linear direction and with ascending allowances close to the surface, causing a potential risk in the city.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

The collapse of the Fe y Alegría school (year 2016) in the center of the city was a clear example of the magnitude of the problem, added to the continuous illegal mining work that to date is carried out under the city, safely in In the coming years, serious situations will come, including loss of human life.

As a result of what happened and with the importance that the safety of people deserves, it was deemed convenient to guide a study in the central area of the city of Zaruma related to the structural orientation of the veins close to the surface in a North-South direction and with an almost constant dip, establishing a technical assessment of seismicity, slopes, isohyets, geology, underground and surface topography for the development of a digital risk model.

The final product of this work will be a risk map on which an intervention and remediation plan can be developed in the urban area of Zaruma focused on the area of greatest risk, as well as the territorial replanning of the city for constructive development in safe areas and safeguard the life of the Zarumeña population.

Keywords: Mining; Topography; Characterization; Susceptibility; Risk.

Resumo

Desde a antiguidade, Zaruma foi considerada uma das mais importantes áreas de enriquecimento de ouro, o que despertou o interesse de algumas empresas estrangeiras, entre elas a South American Development Company (SADCO), subsidiária da ASARCO, e posteriormente a CIMA, atualmente empresas Os equatorianos continuam trabalhando em áreas concedidas pelo Estado. A tendência de mineralização é Norte-Sul direcionada abaixo da cidade de Zaruma, causando exploração em direção linear e com subsídios ascendentes próximos à superfície, causando um risco potencial na cidade.

O colapso da escola Fe y Alegría (ano 2016) no centro da cidade foi um exemplo claro da magnitude do problema, somado ao contínuo trabalho de mineração ilegal que até hoje é realizado sob a cidade, com segurança no próximos anos, situações graves virão, inclusive com perda de vidas humanas.

Em resultado do ocorrido e com a importância que a segurança das pessoas merece, julgou-se conveniente orientar um estudo na zona central da cidade de Zaruma relacionado com a orientação estrutural dos veios junto à superfície numa Direção Norte-Sul e com mergulho quase constante, estabelecendo uma avaliação técnica de sismicidade, taludes, isoietas, geologia, topografia subterrânea e de superfície para o desenvolvimento de um modelo digital de risco.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

O produto final deste trabalho será um mapa de risco sobre o qual pode ser desenvolvido um plano de intervenção e remediação na área urbana de Zaruma focado na área de maior risco, bem como o replanejamento territorial da cidade para projetos construtivos. desenvolvimento em áreas seguras e salvaguardar a vida da população Zarumeña.

Palavras-chave: Mineración; Topografía; Caracterización; Suscetibilidad; Risco.

Introducción

El Cantón Zaruma se ubicado en la parte suroriental de la provincia de El Oro. Limita al norte con la provincia del Azuay, al sur con el cantón Piñas, al este con el cantón Portovelo y al oeste con los cantones Chilla y Atahualpa con una extensión territorial de 643.50 Km².

La actividad minera de Zaruma se remonta al siglo anterior pasando por etapas de conquista y la consolidación de la ciudad.

“En este sector del Ecuador la actividad minera gira alrededor de la explotación del oro, ya que gran parte del territorio está atravesado por vetas que comparten el territorio de la región de Zaruma y Portovelo. Las vetas mineralizadas, tienen un rumbo noreste a suroeste, preferenciales de 45-60° al Este, se trata de mineralizaciones de tipo epitermales, en oro, plata, cobre, plomo y zinc.

La actividad minera en los cantones de Zaruma y Portovelo representa fuente principal de ingresos en la economía local y nacional conllevando a un crecimiento poblacional con incremento de infraestructura.

Con el pasar de los años las galerías mineras comenzaron a desarrollar en niveles más cercanos a la superficie e inclusive antitécnicas debido a que el sistema vetiforme se halla aflorante y con un alto valor promedio en oro, lo que se vio reflejado en galerías debajo de casas, en los patios, en las lavanderías, bajo el hospital, debajo del coliseo de Zaruma, por citar algunos ejemplos y el más grave debajo de la escuela Fe y Alegría cuyo colapso y hundimiento genero un estado de emergencia Nacional.

La idea del presente trabajo es consolidar la información generada por distintas instituciones sumada al estudio técnico topográfico tanto en superficie como en subterráneo y con una ponderación sistemática producto del desarrollo de varios mapas temáticos, para poder interpretar y reflejar en un mapa zonas de potencial riesgo que permitan a las autoridades locales tomar decisiones acertadas en beneficio de la colectividad Zarumeña.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

El interés del presente trabajo investigativo es ver la situación de Zaruma como un problema conjunto y no como un problema local que con el pasar de los años pueda pasar de la memoria de la ciudad, y no tomar ciertas precauciones cuya finalidad es crear una alternativa preventiva y de tratamiento urgente a la situación de la ciudad.

Objetivos

- Elaborar un mapa de riesgos en la ciudad de Zaruma correlacionando levantamientos topográficos en subterráneo y en superficie que permitan a las autoridades locales tomar decisiones acertadas en beneficio de la colectividad Zarumeña.
- Recopilar información bibliográfica de la zona de estudio
- Desarrollar el levantamiento topográfico en el interior de la mina y en la superficie con instrumentos topográficos de precisión.
- Elaborar mapas temáticos con las informaciones topográficas, geológicas y mineras del Distrito de Zaruma.
- Ponderar las variables resultantes de los mapas temáticos en software ArcGIS.

Metodología

La elaboración del mapa de riesgos se obtiene a partir de información ponderada, de forma cualitativa, para lo cual se asigna valores numéricos a la base de datos en el software ARCGIS 10.2 de distintos mapas temáticos obtenidos en campo.

El siguiente flujograma de la figura 1 muestra el detalle de los pasos seguidos para la obtención del mapa de riesgos.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

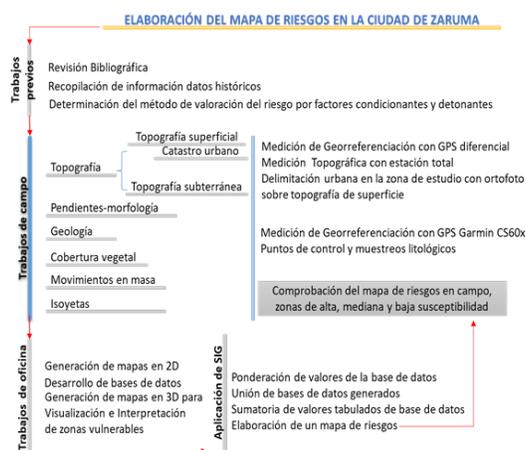


Figura 1. Flujograma del trabajo empleado en la investigación

Revisión Bibliográfica: Para el cumplimiento de este objetivo se procedió a recopilar información importante acerca de la zona por ejemplo se considero el proyecto Multinacional Andino en el año 2007 que desarrollo un mapa regional de susceptibilidad a movimientos en masa, El INIGEMM realizo una zonificación de la susceptibilidad peligros / amenazas por movimientos en masa escala 1:50000 en la zona de Zaruma Paccha, se realizó en los años 2012 a 2013.

Recopilación de información datos históricos: La escuela Politécnica del Litoral realizó una Evaluación y zonificación de Riesgos geodinámicos en el Distrito Minero de Zaruma y Portovelo en su parte concluyente señala: “Zaruma presenta 3 puntos con nivel de riesgo geodinámico alto (La Av. El Oro, Piscina Municipal y Cerro El Calvario), 6 con nivel de riesgo medio (Calles Damián Meneses, Rogelio Romero y Gonzalo Pizarro, Tanque de Agua y Colegio Don Bosco), 2 con nivel de riesgo bajo (Estadio de Fútbol y Hospital Municipal) y 1 con nivel de riesgo muy bajo (Calle Marcelo Zambrano) (Pesantez ,2007).

La Secretaria de Gestión de Riesgos realizó el informe Nro. SGR-IASR-07-0713-003 en su parte concluyente señala:

“Los asentamientos presentados en la Escuela La Inmaculada y Colegio de Bachillerato Sultana de El Oro corresponden a problemas relacionados a la existencia de galerías subterráneas y unas malas prácticas mineras, de las cuales se dio a conocer son realizadas de forma antitécnica mediante la cual se ha explotado los pilares que servían como sostenimiento de estas.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

Determinación del método de valoración

El método empleado es el de Mora-Vahrson (MV) es un procedimiento relativamente sencillo y bastante efectivo a la hora de zonificar regiones susceptibles a deslizamientos, la efectividad de la metodología ha sido confirmada en diferentes países, especialmente de América Latina, tomando como base este método para la investigación se han incluido algunas variables que permitirán una determinación de zonas de riesgo en la ciudad de Zaruma tomando en consideración las galerías mineras utilizadas para la actividad minera bajo el casco urbano (actualmente zona de exclusión minera) así como el catastro urbanístico que se ve directamente afectado entre otros.

Con la información disponible en la presente investigación se tiene en cuenta la ecuación 1:

$$\mathbf{ZR} = (\mathbf{Tsp} * \mathbf{Tsb} * \mathbf{Fb} * \mathbf{Fg} * \mathbf{Fcv}) * (\mathbf{Ts} + \mathbf{Tp}) \quad \text{(ecuación 1)}$$

En donde:

ZR= Zonificación de riesgo geológico

Tsp= Topografía superficial/Catastro Urbano

Tsb=Topografía Subterránea/Galerías mineras

Fp= Factor pendientes o morfología

Fg= Factor Geología

Fcv=Factor Cobertura Vegetal

Ts= Factor de disparo por sismos (Movimientos en masa)

Tp= Factor de disparo por precipitaciones (isoyetas)

Para cada Item se le asigna pesos o valores de ponderación de acuerdo con el grado considerado como actuante en el proceso de riesgo geológico en la ciudad de Zaruma.

Trabajo de Campo: Se desarrollo en una escala 1:5000 abarcando el polígono de estudio en la zona central de Zaruma, donde se concentra actividad minera debajo de ciudad y que hoy en la actualidad se halla prohibida e incluida dentro de la denominada zona de exclusión

Factor de Topografía superficial/Catastro Urbano (Tsp)

El punto de partida del levantamiento de la zona de estudio se lo hizo tomando en consideración el punto de amojonamiento del Instituto geográfico militar ubicado en la ciudad de Zaruma.

Para el caso del geoposicionamiento de puntos de partida se realizó con un equipo GPS diferencial sistema GNSS modelo R10 para poder obtener niveles de error mínimos. Para ello, se tomaron

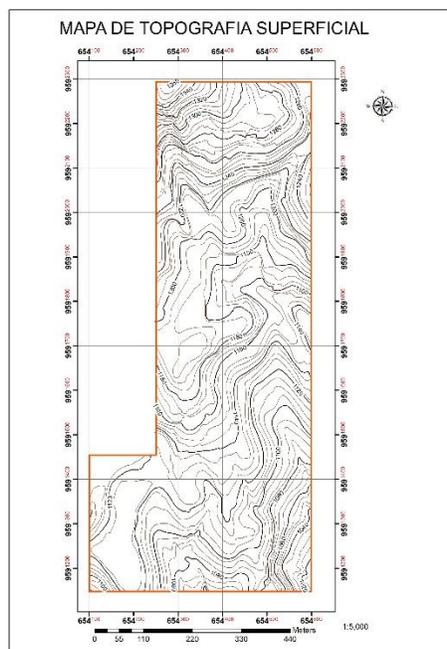
Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

lecturas consecutivas a intervalos de tiempo y repetida en modo fino del instrumento para garantizar una lectura óptima.

El trabajo con la estación total se realizó mediante visadas, utilizando lecturas de comprobación hacia el punto anterior con lecturas realizadas a través del prisma y lecturas consecutivas de rayos láser.

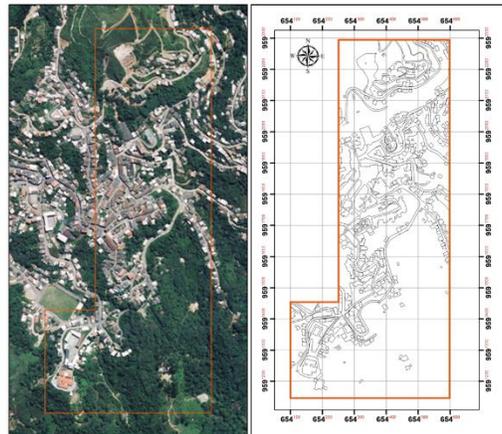
Se ejecutó una poligonal con medida directa, utilizándose para ello estación total marca SOKKIA modelo CX- 105 y en el gráfico inferior el GPS diferencial sistema GNSS modelo R10, la estación cuenta con programas básicos como Medición de distancia entre dos puntos (MLM), Elevación remota (REM), Cálculo de coordenadas en 3D, Calculo automático de azimut, Resección a partir de dos puntos, Replanteo de puntos en 3D, Calculo de Área.

Se implantaron estaciones de la alineación sin exceder de una distancia promedio de 300m.



Catastro Urbano: Se realizó la georreferenciación de la ortofoto de la ciudad de Zaruma en el sistema WGS 84 y delimitado por el polígono de la zona de estudio, en el Arc Catalogo se creó un nuevo Shapefile de polígonos y se procedió a digitalizar el contorno de las zonas donde se halla asentada la parte urbana de la ciudad de Zaruma.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

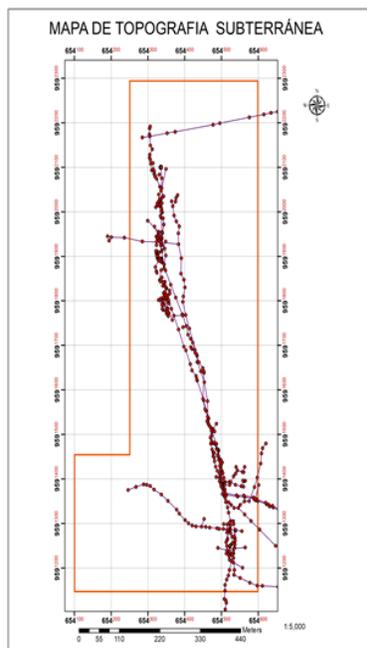


Topografía Subterránea/Galerías mineras (Tsb) Para el trabajo de levantamiento topográfico se inicia con la lectura de los puntos GEODESICOS a partir del sistema de amojonamiento que dispone La ARCOM leídos por el equipo de topógrafos, referidos al sistema WGS-84 Zona 17 S de la Red Geodésica en lanzada a la red del IGM.

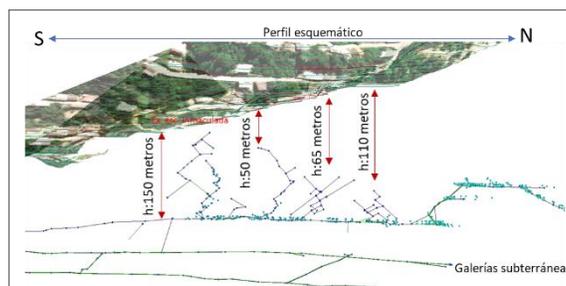
En efecto, se requiere por una parte puntos de control vertical y de igual manera puntos de control horizontal para el desarrollo del proyecto. Mismos que han sido transportados desde la boca mina hasta el final de la chimenea bajo la zona de estudio planteada en la investigación.

Se caracterizaron todos los puntos bajos y puntos altos, tomados a partir de la lectura de puntos intermedios entre las plantillas.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

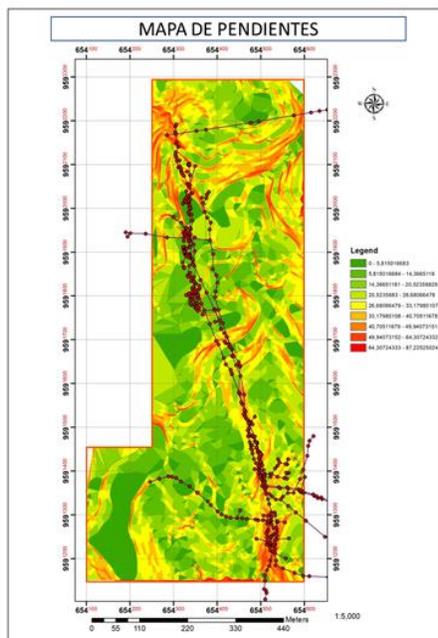


El nivel de la superficie respecto de las galerías bajo la ciudad de Zaruma se halla a 150 m respecto de la galería principal mientras que sus rebajes ascendentes distan en distancias de 20 a 65 m lo que influye de manera potencial en el riesgo a hundimientos (figura).



Factor pendientes o morfología (Fp) Con la extensión Spatial Analyst se realiza una reclasificación del derive slope generado a partir de curvas de nivel, con la herramienta Reclassify, posteriormente en el ArcToolbox nos dirigimos a la opción Conversion Tools from Raster y finalmente Raster to Polygon después se realiza asignación de valores de pendientes estableciendo un comparativo con los ángulos de inclinación de las pendientes.

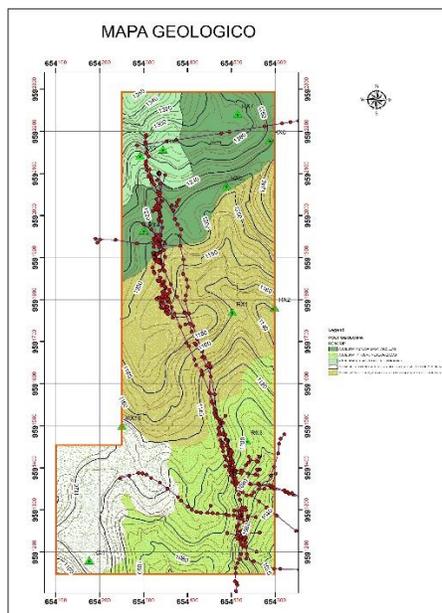
Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie



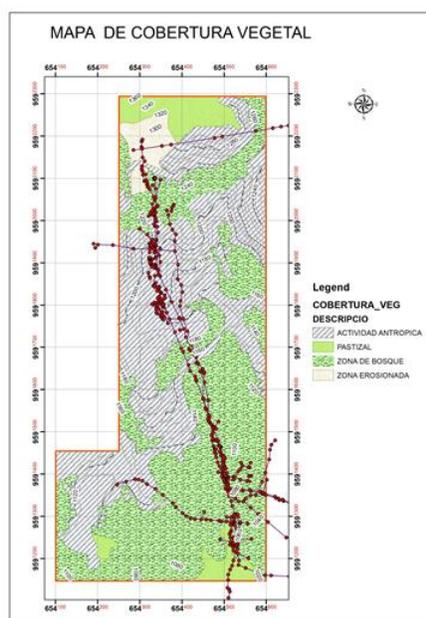
Factor Geología (Fg) Se realizó un levantamiento geológico tomando muestras de roca con el método selectivo con la finalidad de interpretar geológicamente zonas que tengan rocas de mayor dureza, o rocas deleznable poco cohesivas que se constituyan en un factor importante a ser ponderado en el mapa resultante.

Litológicamente se determinó rocas volcánicas de poca consolidación, la mayor parte se hallan meteorizadas, con variaciones litológicas que van desde tobas de grano fino, zonas arcillosas meteorizadas, hasta rocas andesíticas de mediana consolidación.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie



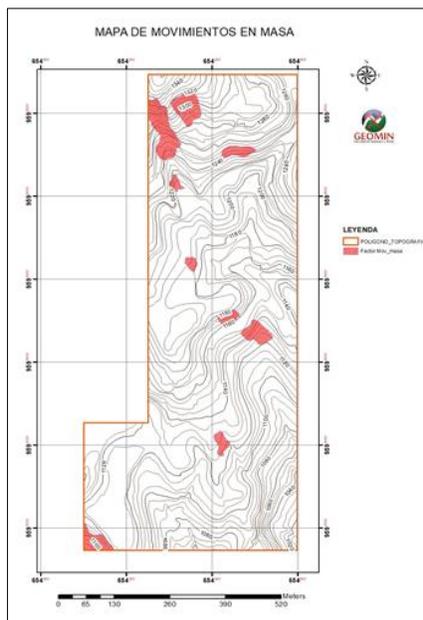
Factor Cobertura Vegetal (Fcv) Fue creado a partir de la digitalización de zonas vegetales en una fotografía aérea y con la respectiva comprobación en campo dentro del polígono de estudio, el procesamiento de la información se la desarrollo en el programa ARCGIS, en el sistema WGS 84.



Factor de disparo por sismos (Movimientos en masa) (Ts) Para la investigación se ha considerado movimientos en masa observados en campo como zonas de potencial riesgo y se ha desarrollado contornos poligonales en ARCGIS para definir formas de dichos cuerpos los mismos que se

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

ponderaran como altos y se los combinara a los distintos factores condicionantes y desencadenes descritos en la zona de estudio



Factor de disparo por precipitaciones (isoyetas) (Tp) La variación de la precipitación media de la cuenca de estudio correspondiente al Distrito Minero Zaruma - Portovelo, expresando que la época lluviosa va de diciembre a mayo con un máximo en marzo de 346,23 mm, luego decaen las precipitaciones de junio a noviembre con un mínimo en agosto con 6,07mm, con estos datos se realizó un proceso de interpolación con variables mínimas y máximas para elaborar un mapa de isoyetas.

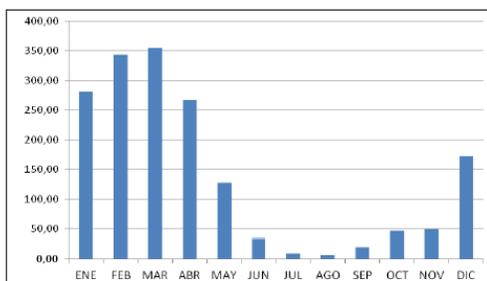
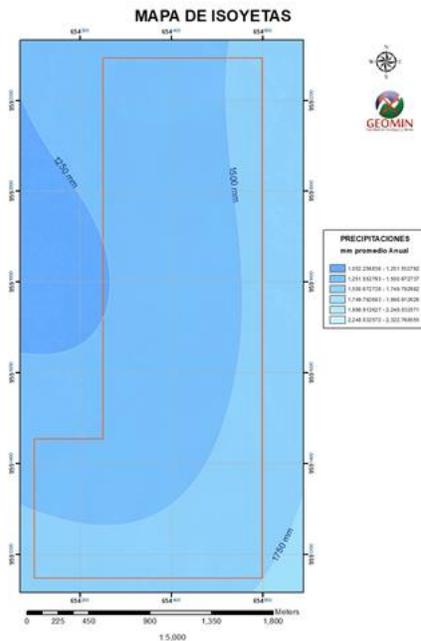


Figura Variación de la precipitación en el área de estudio
FUENTE: INAMHI, Charlie Ingeniería y Remediación Cía. Ltda.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie



Trabajo de Gabinete: Asignación de valores de ponderación:

Tsp= Topografía superficial/Catastro Urbano

AREAS	INTENSIDAD	PESO ASIGNADO
No poblada	BAJA	1
Poblada	ALTO	2

Tsb=Topografía Subterránea/Galerías mineras

GALERIAS MINERAS	INTENSIDAD	PESO ASIGNADO
Bajo zona no poblada	BAJA	1
Bajo zona poblada	ALTA	2

Fp= Factor pendientes o morfología

Rangos de pendientes (grados)	TIPO DE MORFOLOGIA	INTENSIDAD	PESO ASIGNADO
0 – 15	Plano o casi completamente	BAJA	1
15 – 35	Inclinación suave	MEDIA	2
35 –55	Pendientes inclinadas	MODERADA	3
55 – 75	escarpado	ALTA	4
> 75	Extremadamente escarpado	MUY ALTA	5

Fg= Factor Geología

LITOLOGIA	INTENSIDAD	PESO ASIGNADO
Andesitas, traquitas erosionadas semiconsolidada	MEDIA	1
Andesita, y tobas meteorizadas	MODERADA	2
zona de relleno areno arcilloso, roca estéril y mineralizada Andesita meteorizada, arcillas	ALTA	3
zona saprolítica, arcillas y tobas claras poco cohesionadas	MUY ALTA	4

Fcv=Factor Cobertura Vegetal

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

DESCRIPCION	INTENSIDAD	PESO ASIGNADO
Zona de bosque	BAJA	1
Pastizal	MEDIA	2
Actividad antrópica	ALTA	3
Zona erosionada	MUY ALTA	4

Ts= Factor de disparo por sismos (Movimientos en masa)

DESCRIPCION	INTENSIDAD	PESO ASIGNADO
Deslizamiento sin incidencia de población	BAJA	1
Deslizamiento con incidencia de población	ALTA	3

Tp= Factor de disparo por precipitaciones (isoyetas)

PRECIPITACIÓN MM PROMEDIO ANUAL	INTENSIDAD	PESO ASIGNADO
1050 a 1250 mm	Bajo	1
1250 – 1500 mm	Medio	2
1500 – 1750 mm	Alto	3
> 1750 mm	Muy alto	4

Resultados

Mapa de riesgos geológicos a partir de datos ponderados en el software arcgis 10.2

La información geográfica tomada en campo se procesó de manera independiente para la obtención de diferentes productos en el software ARCGIS versión 10.2 que guarda una base independiente modificable, a las cuales en las bases de datos que almacena la información de cada shapefile se les asigno pesos o valores de ponderación de acuerdo al grado de exposición en el caso de la delimitación catastral o de aquellos factores que actúan como detonantes o condicionantes, ya que el grado de intensidad y ponderación unificable nos dará la precisión requerida en el producto final que es el mapa de riesgos.

Generación del mapa de riesgos geológicos

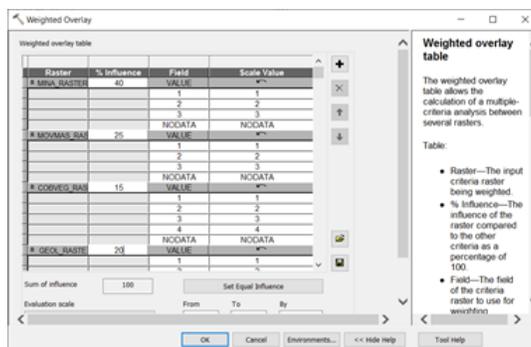
Se empleo 2 métodos para la generación de riesgos con la finalidad de establecer una media de comprobación que garantice la confiabilidad de la información generada.

Método 1 weithted overlay Para la generación del mapa de riesgos se requiere que todos los insumos o mapas obtenidos sean convertidos a Ráster incluyendo una homologación de la base de datos para tener un referente que permita una correcta ponderación de la información.

Una vez con la información ráster generada en la caja de herramientas del ArcToolbox vamos a la opción Spatial Analyst y utilizamos la herramienta Overlay opción weithted Overlay y sumamos los raster para obtener el mapa de riesgos, pero asignado un valor común de sumatoria en nuestro caso

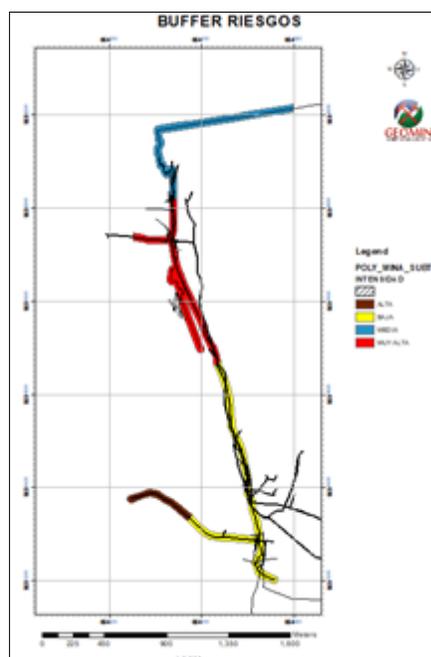
Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

los pesos asignados a cada insumo, adicional el porcentaje de influencia se colocó de acuerdo con el grado de incidencia en la generación de riesgo.

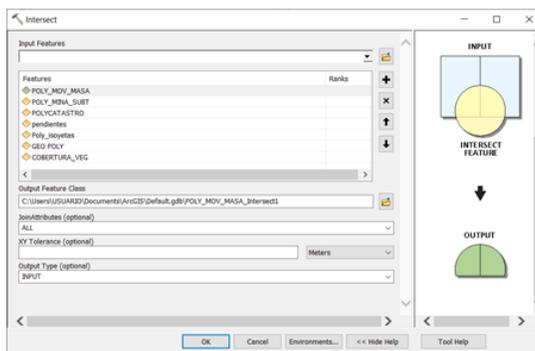


Método 2, intersec de elementos en ArcGIS

Para la aplicabilidad de este método es necesario que todos los Shapes se encuentren como polígonos, en el caso de las galerías subterráneas que están constituidas como polilíneas se realizó un buffer con un halo externo en formato polígono de 20 metros a cada lado de la línea, con esto se consideraría en la operación como área de influencia y de esta manera incluirla dentro el procesamiento de la información a ponderarse



Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie



Con la base de datos homologada se crea 3 campos adicionales como el factor condicionante, factor desencadenante, nivel de riesgo en la base de datos que servirán para el procesamiento final de la información.

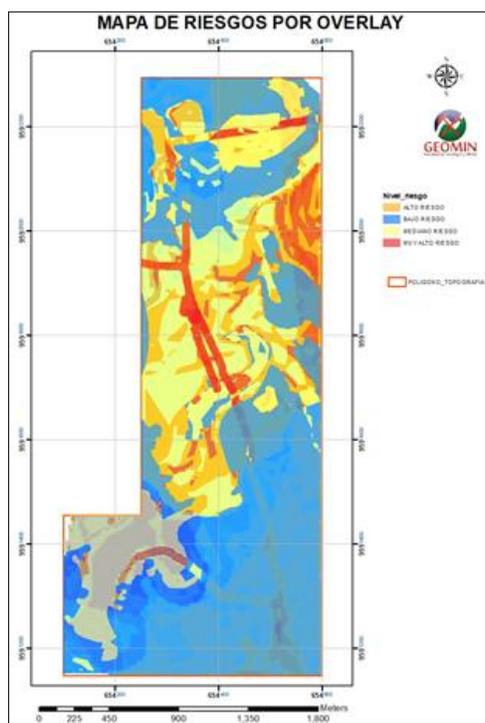
El resultado obtenido se lo ubica por rangos resultantes:

0-2	Bajo riesgo
2-4	Mediano riesgo
4-6	Alto riesgo
Mayor a 6	Muy alto riesgo

Mapa de riesgos geológicos resultante

weithted Overlay en ArcGis el mapa resultante considera un 60% de bajo riesgo; 22% de mediano riesgo, 15% de alto riesgo, 13 % de muy alto riesgo.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

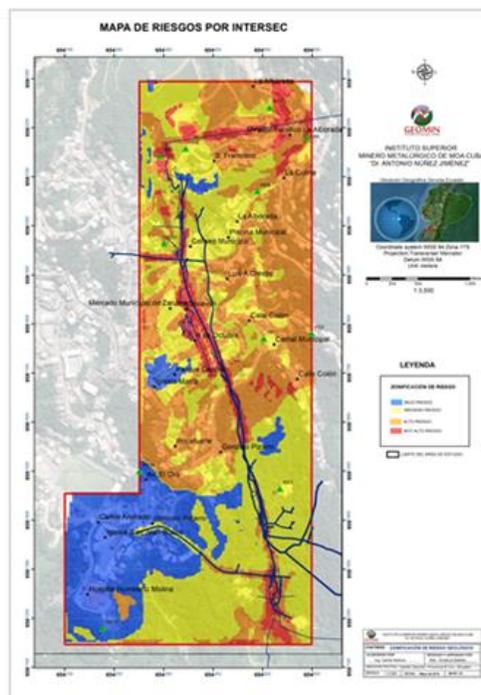


Intersec de elementos en ArcGIS

Este método resulta más completo para el mapa resultante debido a que genera una base de datos compilada con cada insumo generado y con asignación de valores ponderados, por lo que se obtiene una distribución más homogénea y mejor distribuida en la categorización del riesgo geológico.

En el mapa resultante considera un 15% de bajo riesgo; 35% de mediano riesgo, 40% de alto riesgo, 10% de muy alto riesgo.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie



Análisis de resultados obtenidos a partir de la generación del mapa de riesgos geológicos

El análisis resultante resume por sectores urbanos como calles principales, parques, edificios entre otros la sectorización de los riesgos obtenidos a fin de que se de atención preferente a las zonas de muy alto riesgo.

Zonas de bajo Riesgo

- Iglesia San Juan Bosco
- Hospital Humberto Molina
- Avenida el Oro
- Calle Belisario Narea

Zonas de mediano Riesgo

- Mercado Municipal
- Locales comerciales en sentido Oeste con dirección hacia la Municipalidad de Zaruma

Zonas de alto Riesgo

- Calle Colón
- Calle Luis A Crespo
- Calle Rocafuerte

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

Calle Gonzalo Pizarro

Zona baja del Hospital Humberto Molina

Zonas de muy alto Riesgo

Mirador turístico La Alborada condicionado por factores litológicos y de pendientes.

Talud zona baja deslizamiento del cerro el Calvario cerca del sector La Alborada.

Coliseo Municipal de Zaruma

Calle 9 de octubre

Edificio CNT casas adyacentes

Socavón de la antigua escuela Fe y Alegría

El principal factor que condiciona los patrones de categorización se relaciona con la incidencia directa de las galerías subterráneas bajo la ciudad de Zaruma

Conclusiones

- Se ha elegido el método de intersec para la categorización del riesgo geológico en la zona de estudio debido que pondera considerando los insumos generados como factores condicionantes y desencadenantes de manera más optima.
- Del análisis realizado se puede concluir que parte de la ciudad de Zaruma en especial la zona céntrica en una franja en sentido Norte Sur se halla afectada por un muy alto riesgo de acuerdo con la zonificación obtenida.
- La franja central urbana de la ciudad de Zaruma se encuentra afectada con una incidencia de muy alto riesgo, el rango de alto y mediano riesgo está distribuido en zonas adyacentes a esta línea central.
- Las zonas de muy alta incidencia se ven afectadas directamente por el desarrollo de galerías mineras con rebajes proyectados muy cercanos a la superficie de la ciudad de Zaruma y comprobados con métodos de observación directa por medio de la toma de puntos con estación total.

Se ha definido cuatro zonas de riesgos claramente identificables y verificables con la realidad de la ciudad de Zaruma.

Referencias

1. Cardona, O. (1985). Hazard, Vulnerability and Risk Assessment, unedited working paper. Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology IZIIS, Skopje, Yugoslavia.
2. Cardona, O. (1986a). Estudios de Vulnerabilidad y Evaluación del Riesgo Sísmico: Planificación Física y Urbana en Áreas Propensas, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Boletín Técnico AIS No. 33, Bogotá.
3. Cardona, O. (1986b). Enfoque Metodológico para la Evaluación de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico Bogotá.
4. Cardona, O. (2001). Holistic Approach to Seismic Risk Estimation: Natural Hazards Review, in process of publishing. Washington D.C.
5. Charlie, G. (2014). Línea Base Socio-Tecnico Minero Ambiental Del Distrito Minero Zaruma Portovelo. Ingeniería y Remediación Cia. Ltda. Ecuador
6. Covello, V., y Mumpower, J. (1985): Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective, Risk Analysis, Society for Risk Analysis, Volumen 5
7. Marambio, J. (2009) Análisis Situacional sobre la Percepción del Uso y Consumo de Drogas en el Cantón Zaruma. Ecuador
8. Maskrey, A. (1989). Disaster Mitigation: A Community Based Approach. Oxford: Oxfam.
9. Maskrey, A. (1994). Comunidad y Desastres en América Latina: Estrategias de Intervención, Viviendo en Riesgo: Comunidades Vulnerables y Prevención de Desastres en América Latina, Allan Lavell (Ed.), LA RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá.
10. Maskrey, A. (1998): La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en américa latina, Navegando entre brumas (Ed.), LA RED, Tercer Mundo Editores, Perú.
11. Mora C., y Vahrson, W. (1994 a). Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination: Association of Engineering Geologists Bulletin, Vol XXXI, No1, pp.49-58.
12. Mora C., y Vahrson, W. (1994 b). Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination: I Simposio Panamericano de deslizamientos de tierra. Sociedad Ecuatoriana de mecánica de suelos y rocas. Guayaquil – Ecuador. MEMORIAS, Volumen 1. Pág. 406 – 431.

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

13. Pesantes, C. (2007) Evaluación y zonificación de riesgos geodinámicos en el distrito minero Zaruma – Portovelo. (en línea). Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/216/1/338.pdf> (consulta 06 de diciembre de 2018)
14. Rivera, H. (2008). Procesos Físicos de Erosión y su Dinámica: Prevención y Control en Suelos de Ladera de la Zona Cafetera Colombiana. Colombia
15. Suarez, J. (2008). Deslizamientos y Estabilidad de taludes en zonas tropicales, Capítulo. 11: Zonificación de Amenaza y Riesgo, pp. 355-384. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
16. Suarez, J. (1998). Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Volumen 1. Disponible en www.erosion.com (consulta 02 de febrero de 2019)
17. VARNES, D. (1984). Landslide Hazard Zonation: A review of principles and practice, UNESCO, 63 p.
18. D’ercole, R. (1996). Cartografía de los factores de vulnerabilidad de las poblaciones expuestas a una amenaza volcánica: Aplicación a la región del volcán Cotopaxi, in Bulletin de l’Institut Français d’Etudes Andines, sous la direction de Robert D’Ercole, Lima, Tomo 25, N°3, (pp 479-507)
19. D’ Ercole, R. (2001). Cartografía de las amenazas de origen natural por Cantón en el Ecuador. Informe Preliminar. Quito Ecuador
20. Litherland, M., Aspden, J. Y Jemielita, R. (1994). The metamorphic belts of Ecuador: Overseas Memori of the British Geological Survey (pp11. 174).
21. Maskrey, A. (1984). Community Based Hazard Mitigation, In Disasters Mitigation Program Implementation, Virginia Polytechnic Institute.
22. Maskrey, A., y Romero, G. (1986). Urbanización y Vulnerabilidad Sísmica en Lima Metropolitana. Centro de Estudios y Prevención de Desastres. Lima.
23. Maskrey, A. (1993a). Los Desastres No son Naturales, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. LA RED, Tercer Mundo Editores, La RED, Bogotá. <http://www.desenredando.or>
24. Maskrey, A. (1993b). Vulnerability Accumulation in Peripheral Regions in Latin America: The Challenge for Disaster Prevention and Management, Natural Disasters: Protecting

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

- Vulnerable Communities, Ed. Marriman P.A., Browitt, C.W, IDNDR, Thomas Telford, London.
25. Maskrey, A. (1998): La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en américa latina, Navegando entre brumas (Ed.), LA RED, Tercer Mundo Editores, Perú.
 26. Martínez, H. (1994), Contribuciones para el conocimiento geológico de la región volcánica del Ecuador, Pioneros y precursores del andinismo ecuatoriano, Colección Tierra Incógnita N°13, Tomo III, Coedición Abya Yala y Nuevos Horizontes, 446p.
 27. Obando, T. (2009). Características y métodos de los deslizamientos inducidos por sismos importantes. Geología, Peligros Naturales y Geotecnología disponible en
 28. Plaza, G. (1996). La amenaza y vulnerabilidad por deslizamientos en la región andina del Ecuador. Séptimo Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas, Petróleos y Medio Ambiente. Trabajos técnicos: Tomo II. Pág. 513 – 526. Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos (CIGMYP), Editor. Quito – Ecuador.
 29. Timmerman, P. (1981). Vulnerability, Resilience, and the Collapse of Society. Environmental Monograph No. 1, Institute for Environmental Studies, University of Toronto.
 30. Varnes, D.J., (1978). Slope movement types and processes: Landslides, Analysis, and control. National Research Council, Transportation Research Board, Washington D. C., Special Report 176: 11-33.
 31. INIGEMM. (2013). Memoria Técnica de los ensayos metodológicos para la zonificación de la susceptibilidad/amenaza por movimientos en masa: zona de Riobamba y Zaruma. Ecuador
 32. INGEOMINAS. (2001). Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa, Guía Metodológica, Primera Edición, Bogotá.
 33. PMA: GCA (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas). (2007). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional No.4. 432 p.
 34. SNGR/ECHO/UNISDR (2012). Referencias Básicas para la Gestión de Riesgos. Quito, Ecuador.
 35. SGR. (2017). Informe Técnico Geofísico – Geológico para análisis de estabilidad de la Escuela La Inmaculada: Informe N.º. Sgr-Ia-Sr08-0003. Zaruma Ecuador

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

36. UNL, (2012). Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal UNL / PNUD / SNGR: Identificación del Territorio del Cantón Zaruma Loja.
37. ARCOM. (2015). Memoria Descriptiva Del Mapa De Susceptibilidad Por Subsistencia Minera, Zona Zaruma, Escala 1:5.000: Proyecto Determinación de la zona de seguridad y ampliación de la zona de exclusión minera para el área urbana del cantón Zaruma.
38. <https://es.wikipedia.org/wiki/Zaruma> (consulta 01 de enero de 2019)
<http://casadelangel-conocimientoyconciencia.blogspot.com/2010/07/alarmantes-hundimientos-de-tierra.html/> (consulta 05 de mayo de 2018)
39. <https://cnnespanol.cnn.com/2013/03/03/imagenes-de-grandes-socavones-alrededor-del-mundo/> (consulta 05 de mayo de 2018)
40. <http://blog.monografias.com/> (consulta 01 de Abril de 2018)
41. <https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/un-enorme-hundimiento-de-tierra-provoca-el-caos-en-la-ciudad-nipona-fukuoka/10004-3090335#/> (consulta 22 de mayo de 2018)
42. <https://mundo.sputniknews.com/ciencia/201703011067298154-nasa-hundimiento-tierra/> (consulta 22 de mayo de 2018)
43. <https://www.elcomercio.com/actualidad/zaruma-colapso-escuela-gad-secretarianacionaldegestionderiesgos.html/> (consulta 12 de junio de 2018)
44. <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm/> (consulta 05 de enero de 2019)
45. <http://skyzoom.co/zonas-de-riesgo-drones>(consulta 30 de diciembre de 2018)
46. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm> (consulta 06 de enero de 2019)
47. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/3d-analyst/3d-analyst-and-arcscene.htm#> (consulta 10 de enero de 2019)
48. <https://www.geosoft.com/products/target/target-arcgis> (consulta 10 de enero de 2019)
49. https://es.wikibooks.org/wiki/AutoCAD_Civil3D (consulta 10 de enero de 2019)
50. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/conversion/polygon-to-raster.htm> (consulta 17 de enero de 2019)
51. <https://www.aguaysig.com/2011/06/conversion-de-formatos-con-spatial.html> (consulta 24 de enero de 2019)

Cartografía de zonas vulnerables a riesgo geológico en Zaruma a partir de la ponderación de topografía minera en subterráneo y superficie

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).