



*Diseño de Explotación para la Cantera Municipal Perteneciente a la Parroquia Macas, en el Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago*

*Exploitation Design for the Municipal Quarry Belonging to the Macas Parish, in the Morona Canton, Morona Santiago Province*

*Projeto de exploração da pedra municipal pertencente à paróquia de Macas, no cantão de Morona, província de Morona Santiago*

Gregory Guillermo Cuesta-Andrade <sup>I</sup>  
[gregory.cuesta@epoch.edu.ec](mailto:gregory.cuesta@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9308-0593>

Christian Orlando Camacho-López <sup>III</sup>  
[christian.camacho@epoch.edu.ec](mailto:christian.camacho@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-4876-9583>

David Isaac Cuenca-Gualan <sup>III</sup>  
[david.cuencag@epoch.edu.ec](mailto:david.cuencag@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-5712-5256>

Ángel Fabián Llivisaca-Once <sup>IV</sup>  
[angel.llivisacao@epoch.edu.ec](mailto:angel.llivisacao@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5463-949X>

**Correspondencia:** [gregory.cuesta@epoch.edu.ec](mailto:gregory.cuesta@epoch.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\***Recibido:** 04 de enero de 2022 \***Aceptado:** 31 de enero de 2022 \* **Publicado:** 25 de febrero de 2022

- I. Master en Geometalurgia, Ingeniero en Petróleos, Docente de la Carrera de Minas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Grupo de investigación de Recursos Mineros e Ingeniería, Macas, Ecuador.
- II. Máster of Science in Hydrogeological Engineering, Ingeniero en Biotecnología Ambiental, Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Grupo de Investigación de Recursos Mineros e Ingeniería, Macas, Ecuador.
- III. Ingeniero en Geología y Minas, Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Recursos Naturales, Carrera de Minas, Grupo de investigación de Recursos Mineros e Ingeniería. Macas, Ecuador.
- IV. Grupo de investigación de Recursos Mineros e Ingeniería. Macas, Ecuador, Estudiante de la Carrera de Minas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de explotación de materiales pétreos en la Cantera Municipal del Río Upano, ubicada en la parroquia Macas, cantón Morona, provincia de Morona Santiago. La ejecución de la investigación se realiza analizando la viabilidad del proyecto y el modelamiento del mismo mediante el uso de software de diseño, para el aprovechamiento óptimo de los recursos pétreos. Para ello se identifica el área de estudio, se realiza un levantamiento topográfico del sector y, con ayuda del software ArcGIS, se genera el mapa de ubicación y modelación por Triangular Information Network (TIN). También, se ejecuta el cálculo de las reservas totales de la mina y las reservas propuestas a explotar, pues el proyecto se adapta a las necesidades y capacidades del Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Morona. Además, se revisa la información acerca de estudios previos realizados en el área, evitando duplicar información, pérdida de tiempo en la ejecución de un mismo trabajo y a la vez continuando proyectos previos que sugirieron realizar un diseño de cantera. Una vez recopilados los datos necesarios, se calcula los parámetros de diseño requeridos para la explotación de los áridos y pétreos, como profundidad de la zanja de explotación de 1.6 m., ángulo de las zanjas de 70-80°, un ancho de la zanja de 20 m. y avance longitudinal de la zanja en 190 m, sentido Sur-Norte. La investigación concluye que es factible extraer el material a un costo de 2.24 \$/m<sup>3</sup>, en un con un ahorro del 40.2% frente al sector privado, en un tiempo relativamente corto, puesto que, el factor de reposición del material pétreo del río Upano es alto y con esto se contribuye en las obras de encauzamiento del río. Finalmente, se recomienda implementar el uso de drones para levantamientos topógrafos de mayor envergadura.

**Palabras claves:** Áridos y Pétreos; Zanja; Graveras; Reservas; Diseño; Explotación.

## Abstract

The objective of this work is to design the exploitation of stone materials in the Upano River Municipal Quarry, located in the Macas parish, Morona canton, Morona Santiago province. The execution of the investigation is carried out by analyzing the feasibility of the project and its modeling through the use of design software, for the optimal use of stone resources. For this, the study area is identified, a topographical survey of the sector is carried out and, with the help of ArcGIS software, the location map and modeling by Triangular Information Network (TIN) is generated. Also, the calculation of the total reserves of the mine and the reserves proposed to be

exploited is executed, since the project is adapted to the needs and capacities of the Decentralized Autonomous Government of the Municipality of Morona. In addition, the information about previous studies carried out in the area is reviewed, avoiding duplication of information, loss of time in the execution of the same work and at the same time continuing previous projects that suggested carrying out a quarry design. Once the necessary data has been compiled, the design parameters required for the exploitation of aggregates and stone are calculated, such as a depth of the exploitation trench of 1.6 m., an angle of the trenches of 70-80°, a width of the trench 20m and longitudinal advance of the trench in 190 m, South-North direction. The investigation concludes that it is feasible to extract the material at a cost of 2.24 \$/m<sup>3</sup>, in a savings of 40.2% compared to the private sector, in a relatively short time, since the replacement factor of the stone material from the Upano River it is high and with this it contributes to the works of channeling the river. Finally, it is recommended to implement the use of drones for larger topographical surveys.

**Keywords:** Aggregates and Stones; Ditch; gravel pits; Bookings; Design; Exploitation.

## Resumo

O objetivo deste trabalho é projetar a exploração de materiais de pedra na Pedreira Municipal do Rio Upano, localizada na freguesia de Macas, cantão de Morona, província de Morona Santiago. A execução da investigação é realizada analisando a viabilidade do projeto e sua modelagem através do uso de software de projeto, para o uso otimizado dos recursos da pedra. Para isso, é identificada a área de estudo, é realizado um levantamento topográfico do setor e, com o auxílio do software ArcGIS, é gerado o mapa de localização e modelagem por Rede de Informação Triangular (TIN). Além disso, é executado o cálculo das reservas totais da mina e das reservas propostas a serem exploradas, uma vez que o projeto está adaptado às necessidades e capacidades do Governo Autônomo Descentralizado do Município de Morona. Além disso, são revisadas as informações sobre estudos anteriores realizados na área, evitando duplicidade de informações, perda de tempo na execução da mesma obra e ao mesmo tempo dando continuidade a projetos anteriores que sugeriam a realização de um projeto de pedreira. Uma vez compilados os dados necessários, são calculados os parâmetros de projeto necessários para a exploração de agregados e pedras, como uma profundidade da vala de exploração de 1,6 m., um ângulo das valas de 70-80°, uma largura do trincheira 20m e avanço longitudinal da vala em 190 m, sentido Sul-Norte. A

investigação conclui que é viável extrair o material a um custo de 2,24 \$/m<sup>3</sup>, em uma economia de 40,2% em relação ao setor privado, em um tempo relativamente curto, uma vez que o fator de substituição do material de pedra do rio Upano é alto e com isso contribui para as obras de canalização do rio. Por fim, recomenda-se implementar o uso de drones para levantamentos topográficos maiores.

**Palavras-chave:** Agregados e Pedras; Abandonar; poços de cascalho; Reservas; Projeto; Exploração.

## **Introducción**

La minería es parte de los sectores primarios de la industria que mayor aporta con la economía mundial y consiste en la “extracción selectiva, de sustancias y minerales existentes en la corteza terrestre, de forma que sea económicamente rentable” (Parejo, 2012, p.15). Actualmente el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal del cantón Morona, tiene la potestad de decidir la explotación de estos materiales, en los lechos de ríos, quebradas y las canteras.

Durante la última década se ha impulsado el desarrollo de la industria minera, a través del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, actual ente rector y ejecutor de la política minera de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia (BCE, 2012, p.1).

En vista de que: “la ciudad de Macas en los últimos años ha mostrado un crecimiento poblacional acelerado y que es obligación de la Municipalidad, el dar solución a las diferentes alternativas habitacionales” (GMM, 2008, p.1). Aumenta de manera significativa la necesidad de materias primas como materiales de construcción para obras de acceso, mantenimiento e infraestructura. Todo aquello a partir del uso racional de los recursos naturales, que es uno de los factores primordiales a tomar en cuenta.

El campo de aplicación de esta materia prima es muy amplia y primordial para el desarrollo urbano, a pesar de que estos recursos sean “No Renovables”, el río Upano, ubicado al este de la ciudad de Macas, cuenta con un alta capacidad de reposición, siendo evidente la abundancia de “áridos y pétreos” a lo largo de sus riberas.

Por ello, el presente trabajo propone realizar un diseño técnico de explotación de la cantera Municipal de áridos y pétreos, para cubrir la demanda de este material en obras públicas

destinadas a la apertura y mantenimiento de vías; para el beneficio de la institución y la comunidad.

## **Metodología**

### **Levantamiento topográfico**

Se delimita el área de estudio mediante puntos in situ obtenidos por GPS, cuyos datos se emplean en la generación del mapa de ubicación para posteriormente generar un modelo de elevación digital en el Software ArcGIS mediante las curvas de nivel obtenidas de imágenes satelitales Aster GDEM.

Para una mejor apreciación y análisis visual del área, se genera un TIN (Triangular Irregular Networks) como medio digital para representar la morfología de la superficie.

Se genera un mapa de curvas de nivel, las cotas mayores cada cuatro metros y cotas menores cada dos, lo que permite tener una mejor apreciación del relieve en el área de estudio.

### **Estimación de Reservas**

Se procede a delimitar el contorno de la gravera y cuantificar el área del polígono, el cual está ubicado junto a la orilla del río y tiene la función de encauzar el río, evitando su desbordamiento fuera del límite natural.

Para estimar las reservas se utiliza un frente de explotación con un ancho de aproximadamente 20 metros, que es el espacio necesario para encauzar sus aguas en línea recta, perpendicular al eje del puente. Posteriormente el volumen de explotación se obtiene al relacionar el área de estudio con la profundidad máxima generada entre el nivel superficial “superficie TIN” y la cota del nivel freático.

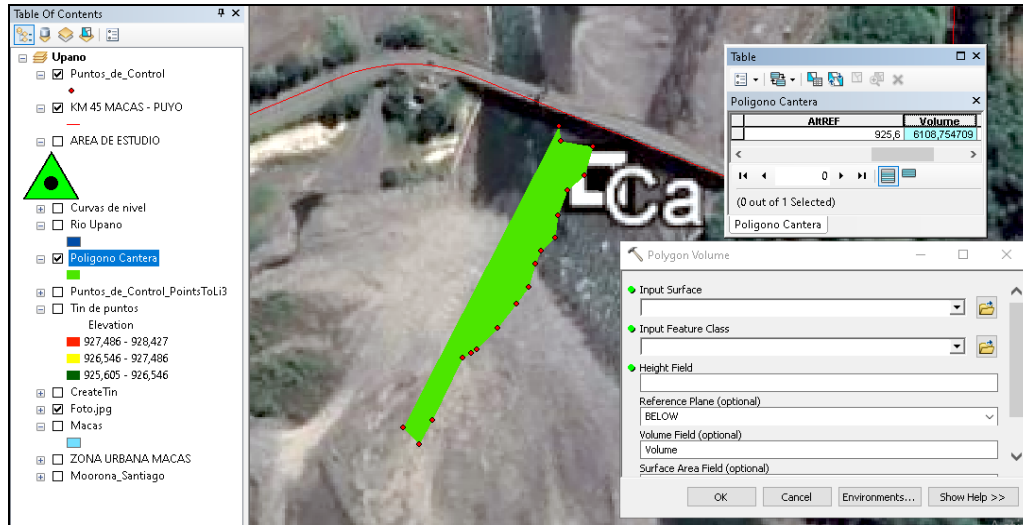


Figura 1: Estimación del área y volumen

En la figura 1 se aprecia el polígono de la gravera que consta de 18 puntos de contorno, de la cual se calcula el área y el volumen a explotar de áridos y pétreos.

### Metodología y Diseño del depósito

La extensión de la zanja analizada fue el largo del yacimiento, mientras que la anchura de la misma se ajusta perfectamente al espacio mínimo para la operatividad del equipo de excavación. Se obtiene el ancho mínimo de la plataforma mediante la siguiente ecuación:

$$A_p = (M * 2) + A$$

La capacidad de explotación de la gravera está condicionada a la disponibilidad de la maquinaria que el GAD Municipal de Morona designe, haciendo necesario plantear un número aproximado en cuanto a la flota de volquetas destinadas al transporte de áridos. Para este cálculo se toma como referencia la capacidad de explotación diaria que maneja normalmente el GAD Municipal, tomando en cuenta los siguientes parámetros.

$$P_d = N * C * V$$

Pd: Producción diaria

N: Número de Volquetas disponibles

C: Capacidad de las Volquetas

V: Viajes realizados en un día



Para la ejecución del proyecto se propuso tres distintos niveles de producción; bajo, medio y alto. Junto con estos se analizó la factibilidad económica de cada uno de ellos. También se analiza el número y capacidad de la maquinaria para el transporte y proceso de explotación, así como la capacidad de reposición del pétreo, con la finalidad de obtener el ritmo de explotación diaria requerida y la vida útil del depósito.

**Tabla 1:** Volumen de explotación

<b>CÁLCULO DEL VOLUMEN EFECTIVO DE EXPLOTACIÓN</b>				
Esc.	Cap. de explotación (m <sup>3</sup> /d)	Reposición diaria	Vol. efectivo de explotación	Análisis
1	480 m <sup>3</sup> /d	477.71 m <sup>3</sup> /d	2.29 m <sup>3</sup> /d	La capacidad de explotación y reposición son muy similares, por lo tanto, este escenario se caracteriza por ser de bajo impacto.
2	640 m <sup>3</sup> /d	477.71 m <sup>3</sup> /d	162.29 m <sup>3</sup> /d	La capacidad de explotación es ligeramente mayor a la reposición natural del río, lo que permite aumentar la producción.
3	800 m <sup>3</sup> /d	477.71 m <sup>3</sup> /d	322.29 m <sup>3</sup> /d	La capacidad de explotación es notablemente mayor, haciendo posible disminuir costos operativos con una alta producción.

Además, para calcular el tiempo de vida del depósito se relaciona el volumen extraíble y el volumen de explotación efectiva, considerando la reposición del material pétreo y generando diferentes escenarios en función de obtener los parámetros más adecuados para la explotación.

**Tabla 2:** Cálculo de la duración del proyecto según el volumen efectivo de explotación

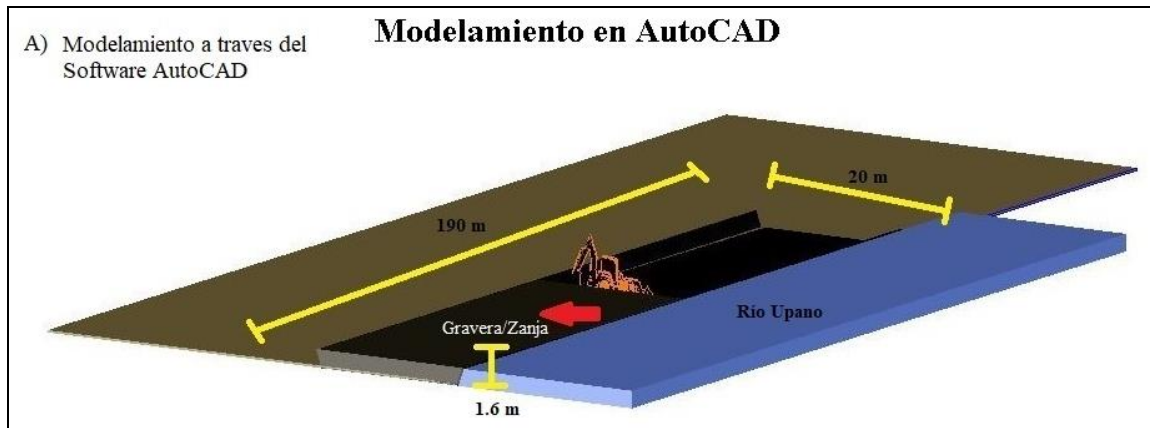
<b>CÁLCULO DE LA DURACIÓN DEL PROYECTO</b>				
Esc.	Volumen efectivo de Exp.	Volumen - Cantera (Arc GIS)	Estimación de la duración del Proyecto	Duración del Proyecto
1	2.29 m <sup>3</sup> /d (Bajo impacto)	6,108.75 m <sup>3</sup>	$T = \frac{6108.75 \text{ m}^3}{2.29 \text{ m}^3/\text{d}} =$	2667.57 $\approx$ 7.3 años
2	162.29 m <sup>3</sup> /d	6,108.75 m <sup>3</sup>	$T = \frac{6108.75 \text{ m}^3}{162.29 \text{ m}^3/\text{d}} =$	37.64 d $\approx$ 38 días
3	322.29 m <sup>3</sup> /d	6,108.75 m <sup>3</sup>	$T = \frac{6108.75 \text{ m}^3}{322.29 \text{ m}^3/\text{d}} =$	18.95 d $\approx$ 19 días

En la tabla 3 se resume el volumen final por explotar acorde al nivel de explotación empleado.

**Tabla 3:** Volumen total de explotación

<b>VOLUMEN TOTAL DE EXPLOTACIÓN</b>			
<b>Escenario</b>	<b>Capacidad explotación de</b>	<b>Tiempo de duración del Proyecto</b>	<b>Volumen Total de Explotación</b>
1	480.00 m <sup>3</sup> /d	2667.57 días	1'280,433.6 m <sup>3</sup>
2	640.00 m <sup>3</sup> /d	37.64 días	24,089.6 m <sup>3</sup>
3	800.00 m <sup>3</sup> /d	18.95 días	15,160.0 m <sup>3</sup>

En la figura 2 se observa el diseño preliminar de la gravera, la cual tendrá 190 metros de largo y 20 m de ancho.



**Figura 2:** Modelamiento preliminar en AutoCAD

### **Factibilidad económica**

Dado que la disponibilidad de la maquinaria es fluctuante, se plantea la explotación bajo 3 escenarios distintos. Por ello, se analiza el Costos de Producción, acorde a las capacidades de explotación (escenarios) que puede manejar el GAD Municipal de Morona, y finalmente, evaluar la conveniencia de cada uno de ellos. Estos costos se detallan a continuación los siguientes parámetros a analizar:

*Mano de obra:* Costo diario requerido en torno a los tres tipos de personal operativo.



*Depreciación:* Para este parámetro, se considera los costos y fechas de adquisición de la maquinaria, y así, determinar la depreciación anual y diaria del equipo destinado a la explotación de pétreos.

*Combustible:* Para la estimación del consumo de combustible, se analiza el consumo acorde a cada maquinaria y en base a los registros de abastecimiento de combustible del GAD Municipal.

*Mantenimiento:* Los trabajos de mantenimiento y reparaciones se estimaron respecto al lapso de medio año, que va desde mediados de 2019 hasta finales de 2020, en base a la experiencia del jefe de mecánica.

## Resultados

### Levantamiento topográfico

Se elaboró el mapa de ubicación de la cantera a explotar junto a las orillas del río Upano, donde se observó que el afluente repone constantemente el material pétreo extraído y por ello hace particular el presente caso, dado que modifica el volumen final.

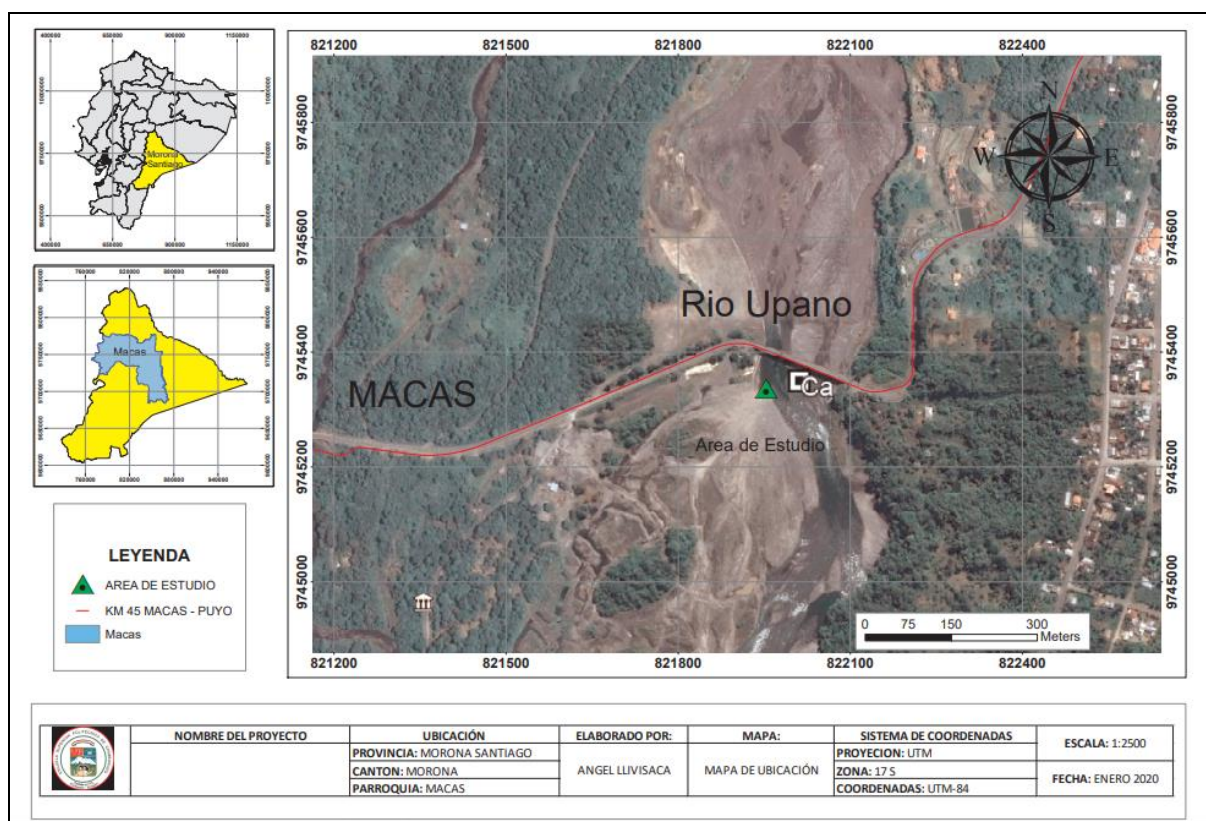


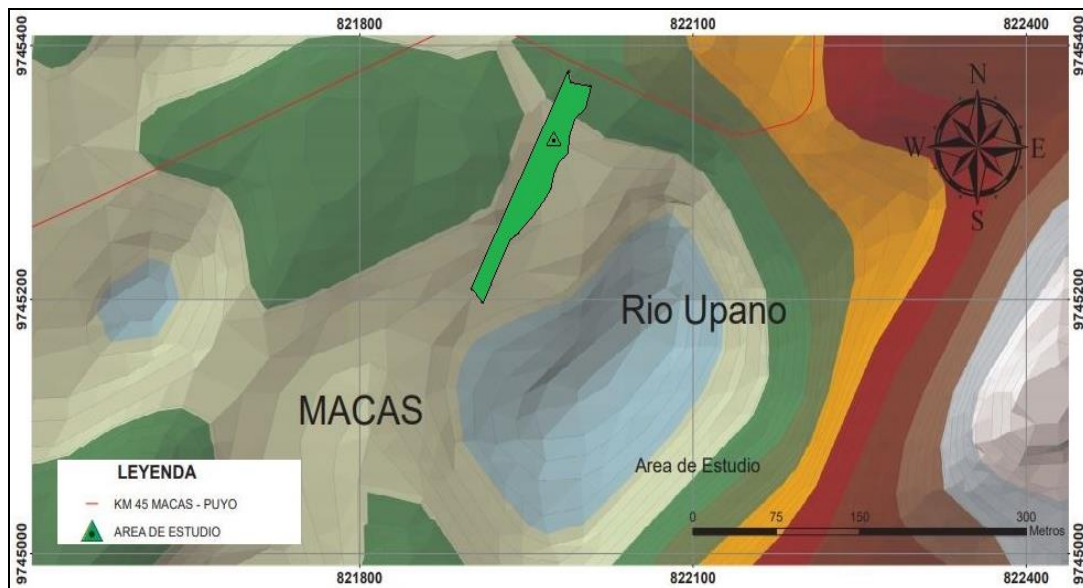
Figura 3: Mapa de ubicación.

En la tabla 4 se tabuló los datos de coordenadas de ubicación de la Cantera y el patio de Stock.

**Tabla 4:** Coordenadas de ubicación

COORDENADAS UTM WGS84 – ZONA 17S				
ID	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z(ALTURA)	DESCRIPCIÓN
Ca	0822048	9745165	911	Frente de explotación de la Mina
T1	0820128	9742383	887	Patio de Stock del Municipio y Trituradora

Haciendo uso de las curvas de niveles generados, se emplea el Software ArcGIS, para generar un TIN, e inmediatamente se obtiene la representación de la morfología del área de estudio y su contorno.



**Figura 4:** TIN del área de estudio.

### Estimación de reservas

En la tabla 5 se resumen los datos obtenidos respecto a la estimación de la reserva explotable.

**Tabla 5:** Datos del Polígono

DATOS DEL POLÍGONO EN EL ÁREA DE ESTUDIO			
Polígono	Método de Estimación	Área	Volumen
1	Volumen de Polígono - ArcGIS	3 841.20 m <sup>2</sup>	6 108.75 m <sup>3</sup>

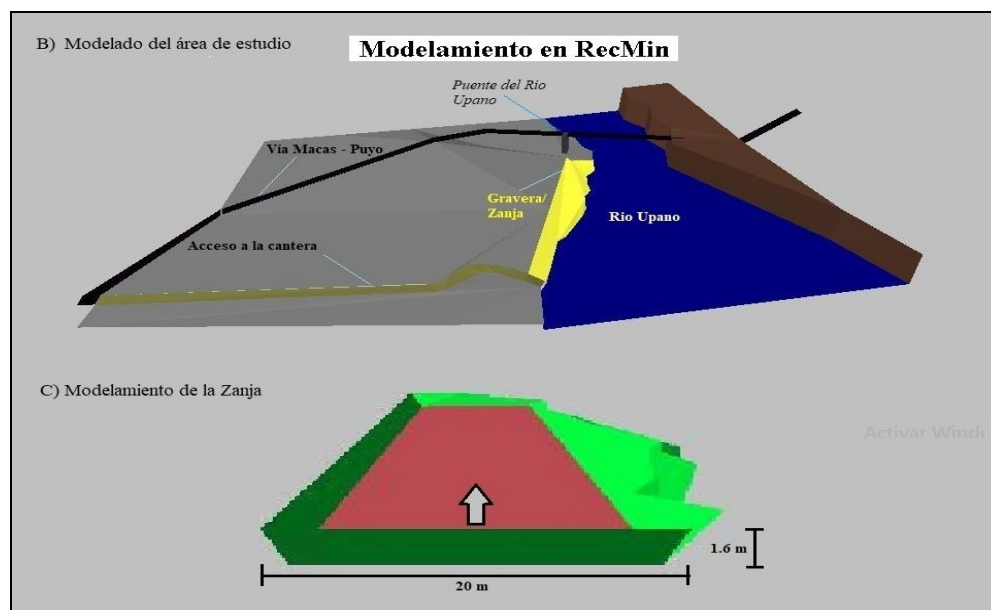
### Metodología y dimensionamiento

El equipo requerido es una máquina excavadora 324 DL, y una flota de 5 Mulas y 5 Volquetes de 12 y 8 m<sup>3</sup> respectivamente, con una con un ciclo de 8 viajes cada volquete, dando como resultado una capacidad de explotación de 800 m<sup>3</sup> para el escenario 3.

**Tabla 6:** Capacidad de explotación del GAD Municipal

CAPACIDAD DE EXPLOTACIÓN DEL GAD MUNICIPAL					
Número de Excavadoras	Escenario	Número de Volquetas	Número de Viajes	Capacidad (8-12) m <sup>3</sup>	Cap. explotación (m <sup>3</sup> /d)
1	1	Min. 6	8	10	480
	2	Promedio. 8	8	10	640
	3	Max.10	8	10	800

El equipo requiere un ancho mínimo de 19.39 m para operar, lo que permite la holgura del equipo, puesto que el frente de explotación (por requerimientos del GAD Municipal) tiene un ancho aproximado de 22 m, haciendo factible el diseñar una sola zanja de 20 m de ancho. Mientras que la extensión del depósito es de 192 m, por ello se planteó realizar la zanja con 190 metros de largo.



**Figura 5:** TIN del área de estudio

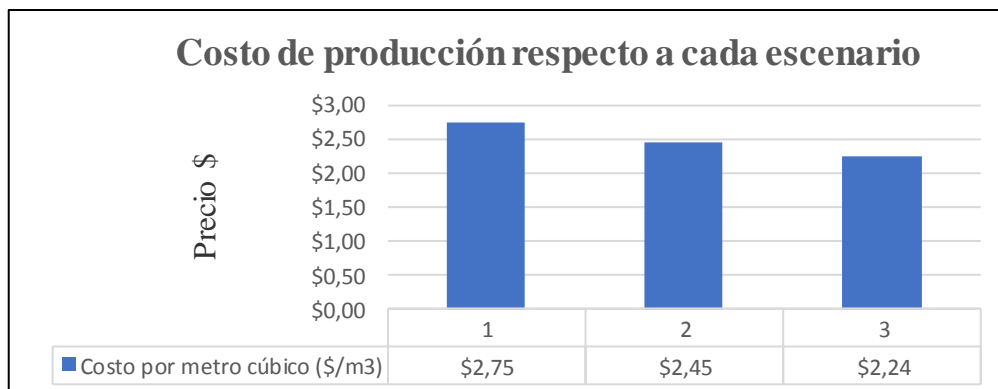
### Factibilidad económica

Se consideró parámetros como; mano de obra, depreciación, combustible y mantenimiento, así como la asignación de un 10% del subtotal, para gastos imprevistos, asegurando la estabilidad del proyecto, y planteando tres escenarios productivos.

**Tabla 7:** Costos de producción.

<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Costo diario</b>	<b>N° de días</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Escenario 1</b>			
MANO DE OBRA	\$ 313,18	2668	\$ 835.572,39
DEPRECIACIONES	\$ 129,68	2668	\$ 345.998,99
COMBUSTIBLE	\$ 251,94	2668	\$ 672.188,33
MANTENIMIENTO	\$ 507,01	2668	\$ 1.352.712,79
IMPREVISTOS (10%)	-	-	\$ 320.647,25
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3.527.119,74</b>
<b>Escenario 2</b>			
MANO DE OBRA	\$ 385,43	38	\$ 14.646,39
DEPRECIACIONES	\$ 164,40	38	\$ 6.247,27
COMBUSTIBLE	\$ 305,56	38	\$ 11.611,22
MANTENIMIENTO	\$ 558,27	38	\$ 21.214,22
IMPREVISTOS (10%)	-	-	\$ 5.371,91
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 59.091,01</b>
<b>Escenario 3</b>			
MANO DE OBRA	\$ 457,68	19	\$ 8.695,91
DEPRECIACIONES	\$ 199,12	19	\$ 3.783,26
COMBUSTIBLE	\$ 359,17	19	\$ 6.824,27
MANTENIMIENTO	\$ 609,52	19	\$ 11.580,96
IMPREVISTOS (10%)	-	-	\$ 3.088,44
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 33.972,84</b>

Se analizó la rentabilidad económica del proyecto generando una estimación del costo por metro cúbico.



**Gráfico 1:** Costo de producción respecto a cada escenario de estudio.

Al comparar el costo por el mismo bien dentro del sector privado, este asciende a \$ 3.75 dólares, lo que se representa un ahorro del 40.2% para el municipio de Morona, bajo el escenario 3, evidenciando claramente, los beneficios obtenidos bajo el escenario 3(alto), que consiste en la explotación de 800 m<sup>3</sup> diarios con una flota de 10 volquetes, y 8 ciclos de transporte cada uno, lo que representa un costo total de \$ 33,972.84 dólares.

**Tabla 8:** Análisis económico por cada escenario.

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO POR CADA ESCENARIO</b>				
		<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Escenario 3</b>
	Duración del Proyecto	7,3 años	38 días	19 días
	Volumen Total de Extracción (m3)	1280433,6	24089,6	15160
<b>Sector Privado</b>	Precio Total (\$)	\$ 4.801.626,00	\$ 90.336,00	\$ 56.850,00
	Precio por metro cúbico (\$/m3)	\$3,75	\$3,75	\$3,75
<b>GAD Municipal</b>	Costo de extracción	\$ 3.527.119,74	\$ 59.091,01	\$ 33.972,84
	Costo por metro cúbico (\$/m3)	<b>\$2,75</b>	<b>\$2,45</b>	<b>\$2,24</b>
	Diferencia	\$1,00	\$1,30	\$1,51
	Porcentaje de ahorro	26,5%	34,6%	40,2%



La duración del proyecto de explotación se contempló para 19 días laborales, en el cual, debido a su ubicación junto al río Upano y por ende a la reposición natural del mismo, se terminará por extraer 15,160 m<sup>3</sup> de material pétreo.

### **Conclusiones y Recomendaciones**

De acuerdo con las observaciones y mediciones obtenidas en campo, se define al depósito compuesto por arenas y gravas como un cuerpo regular en sentido a su relieve y profundidad, sin material de sobrecarga o capa vegetal.

Se plantea el diseño de explotación de áridos y pétreos para la cantera municipal de Macas, por medio de una zanja longitudinal paralela a las aguas del río Upano, para lo cual se propone tres escenarios o niveles de explotación, siendo el tercer escenario el más rentable, como se señala en la factibilidad económica del proyecto.

Respecto a la factibilidad económica, el diseño de explotación concluye que el tercer escenario es el más idóneo, con un costo de \$ 2.24 dólares el metro cúbico de material pétreo sin clasificar, frente a los \$3.75 en el sector privado. En comparativa, el proyecto demuestra un ahorro del 34.6 % y, 26.5 % de los escenarios 2 y 1 respectivamente, con lo cual se justifica la conveniencia del aprovechamiento de dichos recursos, ya sea con altos o bajos niveles de producción.

Con todo lo anterior, se tiene pleno conocimiento de la factibilidad del proyecto y consecuentemente, el aporte a las obras de encauzamiento que requiere el GAD Municipal en las playas del río Upano y que, como tal, es competencia del Estado a través de las instituciones públicas.

Se recomienda que, para un proyecto futuro, se genere información propia de ortofotos, topografía, imágenes satelitales y mantenerla actualizada, con la finalidad de mejorar la resolución espacial de la zona de estudio, facilitando la estimación del volumen y tiempo de vida de la cantera. Además de que abre la posibilidad de llevar un control actualizado de las condiciones del caudal del río Upano y de las labores de extracción que se llevan a cabo en sus riberas.

Posteriormente se sugiere realizar un diseño de cantera, 3.5 km en línea recta, aguas abajo del puente sobre el río Upano, cercano al patio de Stock Municipal, dado que también existen terrazas aluviales, evitando así el transporte del material a grandes distancias. Junto con la



ejecución de un proyecto técnico para la implementación de una nueva zaranda municipal, considerando que el equipo actual no presenta las mejores condiciones.

## Referencias

1. **ÁVILA MUÑOZ, Carlos Arturo.** Diseño del Método de Explotación a Cielo Abierto para la mina El Diamante, dentro del contrato en Virtud de aporte N° 00904-15 En el municipio de Tibasosa. Departamento de Boyacá. (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Seccional Sogamoso. Colombia. 2014. pp. 18-81.
2. **BORJA TORRES, David Fernando.** Diseño técnico de explotación de la cantera “El Churo”, ubicada en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Quito, 2017.
3. **CARPIO VILLAMAR, Miguel Francisco.** Valoración de maquinaria y equipo pesado de construcción, para obtener los costos de operación, basado en ingeniería de tasación. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. 2017.
4. **QUINTUÑA GALLARDO, P.** Estudio batimétrico y de capacidad de reposición natural de material pétreo para la aplicación de un manejo de explotación en un tramo de 6 km del Río Upano. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2019.
5. **SALAZAR, Ernesto.** De vuelta al Sangay. Investigaciones arqueológicas en el Alto Upano, Amazonía Ecuatoriana. Bulletin de L’Institut français d’études andines. [En línea]. Ecuador. 1998. [Consulta: 25-11-2020]. Disponible en: [http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/27\(2\)/213.pdf](http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/27(2)/213.pdf)
6. **SORIA, David.** Diseño de Explotación de la cantera Río Granobles, ubicada en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha. Quito. Universidad Central del Ecuador [En línea]. (Trabajo de Titulación), (Ingeniería). Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Quito, Ecuador, 2016. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6569/1/TUCE-0012-15.pdf>

7. **VARGAS BENALCÁZAR, Frank.** Diseño de Explotación de la Cantera “Simón Bolívar”, ubicada en el recinto Simón Bolívar, parroquia Pedro Vicente Maldonado, provincia de Pichincha [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Quito, 2019. [Consulta: 30-11-2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18068/1/T-UCE-0012-FIG086.pdf>