



Estudios de casos en Etapa de Ingeniería Conceptual para la Evaluación de Proyectos Mineros de Inversión en los estados Táchira y Bolívar, Venezuela.

Case Studies Conceptual Engineering Stage for Evaluation of Mining Investment Projects in Táchira and Bolivar States, Venezuela.

Piña, Aurora; Escalante, Karla y Nieves, Orianna
Departamento de Minas. Universidad Central de Venezuela

Resumen

Ambos trabajos de investigación se realizan en la búsqueda de disminuir el riesgo que significa la incertidumbre en minería y que sirva de base para la generación de metodologías necesarias para el logro de estos objetivos. En ambos casos, dada la falta de información geológica de calidad así como la carencia de modelo geológico, lleva a la consulta de la bibliografía especializada (1) y determinar que la cantidad de información con la que se cuenta no es suficiente para hablar del Plan de Explotación propiamente dicho, tal y como se expone en la normativa legal (2), optándose entonces por la Ingeniería Conceptual. El primer caso es una adecuación tecnológica en minería artesanal subterránea de carbón, ubicada en la población de Lobatera, estado Táchira (3). El segundo caso es el comienzo de una explotación de charnockita a cielo abierto, ubicado en el Sector Cambalache del estado Bolívar (4). En la minería subterránea se pudo determinar debido a la complejidad de la geología, que se deben aplicar distintos métodos de explotación, aunado a también diferentes equipos mineros. Hay que considerar: la ventilación, soporte, drenaje, seguridad industrial para personas y activos. En la explotación a cielo abierto, al igual que la anterior la atención principal es el fortalecimiento del conocimiento geológico, puesto que el fuerte diaclasamiento puede causar diversos inconvenientes a lo largo del desarrollo minero. Las principales variables a contemplar son: tamaño y capacidad de la planta, aplicación de patrones de voladura, diseño minero y dimensionamiento de los equipos.

Palabras claves

Proyectos mineros de inversión, Ingeniería Conceptual, reducción del riesgo e incertidumbre.

Abstract

Both research conducted in the pursuit of reducing the risk posed by uncertainty in mining and as a basis for generating methodologies, necessary to achieve these goals. In both cases, given the lack of geological information quality and the lack of geological model, leads to query the literature (1) and determine the amount of information that we have is not enough to the Plan Operational itself, as recited in legal regulations (2), then opting for Conceptual Engineering. The first case is a technological adaptation in artisanal mining coal underground, located in the town

V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos (V CIIP)

(<http://congreso.riipro.org/>) - Loja. Ecuador. 13-14 Noviembre de 2014



of Lobatera, Táchira State (3). The second case is the beginning of a holding charnockite open pit, located in Sector Cambalache, Bolívar State (4). In underground mining could be determined due to the complexity of geology that should apply different methods of operation, together with different mining equipment also. Consider: ventilation, support, drainage, safety for people and assets. In the open pit, like the earlier the main focus is the strengthening of geological knowledge, since the strong diaclasim can cause several problems along the mining development. The main variables to consider are size and capacity of the plant, application of patterns blasting, mine design and sizing of equipment.

Keywords

Investment Mining projects, conceptual engineering, risk and uncertainty reduction.

1. Introducción

El Plan de La Patria 2013-2019 (5) entre sus objetivos en la sección 3, contempla la “explotación y transformación racional sustentable de los recursos minerales (...)”, siendo esto en concordancia al artículo 48 de la Ley de Minas 1999 (6) que habla sobre el aprovechamiento de los recursos minerales sin desperdicio. En virtud de lo anterior, las empresas mineras están aun más comprometidas no solo con los aspectos sociales y ambientales de las comunidades donde se desarrollan, sino en el cumplimiento de estos preceptos y metas nacionales.

En el país, no existe una legislación o reglamento que contemple, cuáles son los pasos o fases de desarrollo que deben cubrirse para garantizar el éxito y supervivencia de las compañías dedicadas a la actividad minera; aunque en la Ley de Minas de 1999 (6) se hable de “presentación de estudios de factibilidad”, no queda claro cuál es el alcance que deben tener los mismos para el otorgamiento de las autorizaciones de extracción. Para el otorgamiento de permisos de explotación y manejo de explosivos, existe una resolución del ministerio encargado de la minería, conocida con el nombre de “Normas para la emisión de informe favorable para el uso de sustancias explosivas y sus accesorios en la actividad minera” Gaceta Oficial 39.576 17/12/2010 (2), donde se indican (artículo 3) en qué consiste el “Plan de Explotación Anual”. Uno de los requisitos del mismo y que se correspondería a un nivel superior al Estudio Conceptual (EC) es “el estudio geológico de detalle”, cuestión que imposibilita su realización de carecer de ella, debido a que es la base para todos los cálculos para una adecuada planificación de mina. Es por esto que, los dos casos de estudio se encuentran en esta etapa, siendo la propuesta de comenzar por el EC la considerada mejor alternativa para garantizar el mayor aprovechamiento de los recursos minerales, así como la generación de una conciencia necesaria para ese “aprovechamiento racional sustentable” que la nación requiere y que considera la carencia de información geológica desde el inicio del proyecto, sin restarle importancia.

La ventaja de comenzar un proyecto minero desde el EC es que desde el inicio se podrán detectar aquellos aspectos donde hay que poner más atención, identificar todos los estudios que se hacen necesarios para las siguientes etapas de pre-factibilidad y viabilidad, así como la



estimación de los costos a los que se incurrirán. Todo lo anterior, redundando en mayor posibilidad de supervivencia para la explotación (mayor tiempo de vida en el mercado). En virtud de lo antes expuesto, se han desarrollado dos trabajos de grado en Ingeniería de Minas que permiten explorar y considerar los aspectos que ayuden a contribuir al desarrollo exitoso y puesta en marcha de proyectos mineros de inversión en Venezuela en la etapa del EC ubicados: en el estado Táchira, Lobatera y en el estado Bolívar, cerro La Danta.

2. Objetivos

Los objetivos que se contemplan en esta fase de investigación y que fueron desarrollados en sendos trabajos de grado son los siguientes:

Desarrollar una proposición de explotación subterránea de carbón en la etapa de Ingeniería Conceptual para la Concesión Cazadero 12, ubicado en el municipio Lobatera del estado Táchira. Este corresponde al caso de estudio 1.

Proyectar una propuesta para la explotación a cielo abierto de charnockita, en la etapa de Ingeniería Conceptual, cerro La Danta-sector Cambalache estado Bolívar. Es el respectivo segundo caso de estudio.

3. Formulación propuesta

La siguiente sección trata de explicar de forma accesible, la secuencia de acciones que se llevaron a cabo en la recolección y análisis de los datos, en la generación de una propuesta minera que pueda tener factibilidad técnica más no necesariamente económica, punto que es tema de otra etapa más avanzada en la evaluación de proyectos mineros de inversión.

3.1. Caso 1. Explotación Subterránea

El caso propuesto por Escalante (3), sobre una posible explotación “racional” de carbón para uso térmico-metalúrgico, es de minería subterránea y se encuentra ubicada en la parte central del estado Táchira jurisdicción del municipio Lobatera, 653 km al oeste de Caracas y 18 km de San Cristóbal, capitales del país y estado respectivamente. En primer lugar la autora, realiza un levantamiento de todas las condiciones físico-naturales que se encuentran en el área de interés. Estas incluyen geología, clima, vegetación, entre otras; características que son muy útiles a la hora de considerar aquellas variables que generan riesgo e incertidumbre al proyecto y que son de tipo No Controlable. Las medidas de contingencia que se puedan incluir en esta etapa pueden ser determinantes en la “supervivencia” del proyecto.

El siguiente aspecto es determinar cuál es el material de interés y para qué sirve. Esto tiene dos salidas principales: el estudio de mercado y la forma en que se puede beneficiar para darle mayor valor agregado. Un tercer atributo es recopilar toda la información disponible, actualizada y pertinente sobre caracteres del desarrollo minero, que son muy particulares de cada individuo (explotación minera). Para este caso se han considerado: métodos de explotación; etapas de desarrollo de un proyecto minero de inversión y la estimación de costos por etapas; equipos mineros de arranque, producción y beneficio mineral (aunque una de las limitaciones en

este ítem fue, más que la proposición de una planta, la justificación de una ya adquirida); sostenimiento; ventilación; drenaje y bombeo (considerando las características particulares de las aguas de mina: pH y sólidos de suspensión); entre otros.

Paralelo a la investigación bibliográfica se realizó en dos fechas por dos semanas cada una, el levantamiento de las galerías hechas por mineros artesanales. Esta información recoge de una forma indirecta información sobre la existencia de “reservas” minerales, las cuales son evidentes por la continua explotación, pero no son exactas, pues solo contemplan algunos puntos del yacimiento. La Figura 1 muestra la bocamina de una de las galerías en explotación para el momento de la visita.



Figura 1. Entrada de la Mina Arenales (3)

Toda la información recolectada permite hacer las estimaciones correspondientes acerca de las particularidades encontradas, sobre los estudios necesarios, profundidad y pertinencia, con miras a garantizar durante el mayor tiempo posible, la supervivencia de la explotación.

3.2. Caso 2. Explotación a Cielo Abierto

El siguiente estudio propuesto y realizado por Nieves (4), se trata de una posible explotación a cielo abierto de charnockita, empleada en la industria de la construcción como agregado mineral. Este yacimiento se encuentra ubicado en el cerro La Danta, sector Cambalache, ciudad Guayana municipio Caroní del estado Bolívar, a 686 km al sur de la ciudad de Caracas. En la primera parte del estudio la autora recopila toda la información concerniente a los aspectos físico-naturales de la zona: clima; flora y fauna; pluviosidad; geología regional y



local (de esta última solo se contó con información de muestras de mano); entre otras. Esta búsqueda se complementa con otros datos sobre análisis de tipo experimental, para el tipo de material a explotar con miras a obtener datos para en otro paso posterior, sirva como criterio para la proposición de la planta de beneficio mineral.

El paso siguiente es la compilación de todos los datos disponibles sobre explotaciones similares, que permitan inquirir cuales serán las variables que deben buscarse. Se recopilan información sobre: métodos de explotaciones a cielo abierto que concuerden o sean apropiadas para el tipo y geología del material a extraer; equipos mineros y de beneficio mineral; número de equipos; criterios de diseño de mina (con datos estimados a partir de la información disponible); diseño de vías, rampas y escombreras; propuesta de ubicación de las instalaciones de infraestructura: oficinas, patios de remanejo, talleres mecánicos, entre otras; patrón de perforación y cálculo de los materiales para voladura; personal requerido; seguridad industrial y consideraciones ambientales.

Es importante resaltar que todos los resultados obtenidos, deben ser sometidos a la validación en las siguientes etapas de desarrollo del proyecto minero, los cuales no son objetivos de las investigaciones.

4. Resultados

Al igual que en la sección 3, en esta parte se exponen los resultados más resaltantes de los estudios realizados por Escalante y Nieves.

4.1. Caso 1. Explotación Subterránea

Dada la naturaleza de este yacimiento se trata de galerías bastante estrechas, se proponen: como equipo de arranque del carbón el martillo picador neumático; en operaciones de acarreo la autocargadora de capacidad 0,15-1 m³ (balde y tolva respectivamente) y ferrocarriles combinado con pala de arrastre. Se determinan que es más de uno el método de explotación: cámaras y pilares, labor en “Y” y pozo inclinado (esto debido a la complejidad geológica que se presenta en diferentes puntos del yacimiento). Para zonas que se van cerrando progresivamente, se recomienda el sostenimiento hidráulico. Se estiman parámetros geotécnicos, para todas las galerías visitadas, a partir de datos de campo y no de laboratorio (el cual es indispensable a la hora de poner en marcha la propuesta de adecuación). En este sentido se requiere realizar perforaciones para determinar las verdaderas dimensiones, proporciones y geometría del yacimiento.

Se obtienen datos de aire, calidad de agua y del material, dado que esto puede generar datos importantes para la proposición de los equipos de ventilación, bombeo y beneficio mineral (en este último, ayuda a la justificación del equipo adquirido).

Por último la autora considera necesario hacer un estudio de los factores que aportan riesgos e incertidumbre a los proyectos mineros y en especial al Este en la región de Lobatera, el cual puede ser sensible a problemáticas sociales, ambientales, políticas, de soberanía y de seguridad fronteriza debido a su proximidad con Colombia.

4.2. Caso 2. Explotación a Cielo Abierto

La propuesta de Nieves (4) se diferencia de la primera, no solo por sus condiciones características a cielo abierto, sino que en este caso la planta de beneficio mineral no había sido comprada, por lo que el número de posible producción tuvo que ser calculado, claro está, con datos de referencia de otras explotaciones similares. Sin embargo, la información obtenida de éstas no siempre es fiable, pues en el caso de los equipos de carga y acarreo, estas minas tienen equipos sobredimensionados, es decir, máquinas de cargas con baldes que con uno o dos pases “llenan” la capacidad de los camiones; esto puede ser contraproducente, debido a que la granulometría puede cambiar, influyendo en las densidades aparentes y puede acontecer una sobrecarga que concluya en una avería del sistema hidráulico o de tipo mecánico en las suspensiones por ejemplo.

Los valores de la geometría propuesta para la explotación también son aproximados, dado que se cuenta con muy poca información geológica local, mas no así regional, lo que permite hacer estimaciones geométricas de la fosa final propuesta, como se puede ver en la Figura 2.

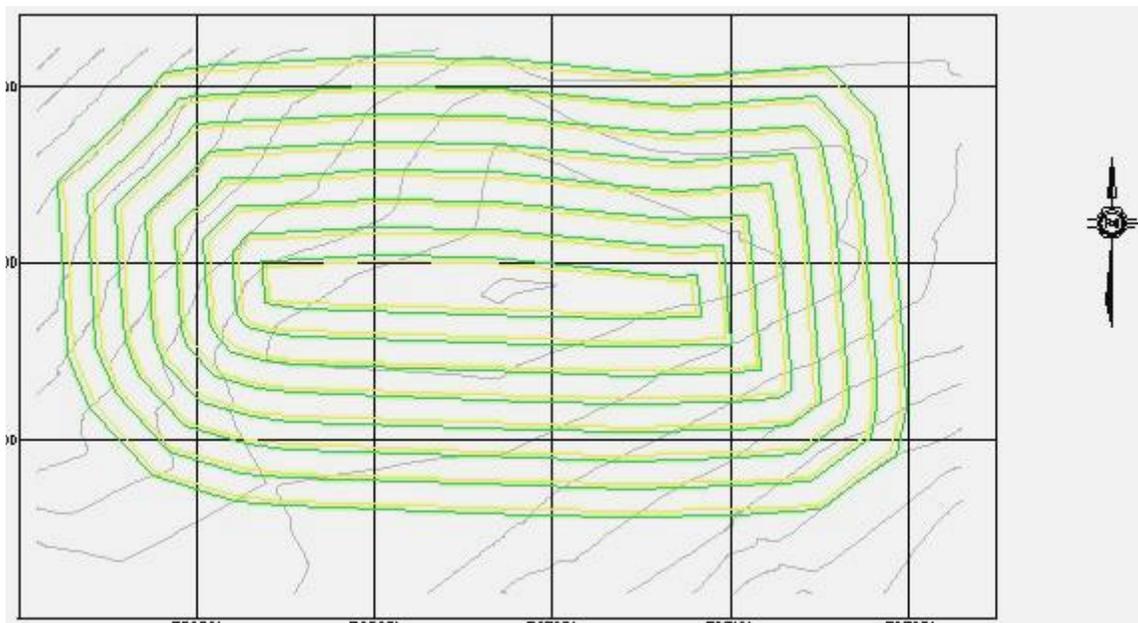


Figura 2. Diseño propuesto para la fosa sin información geológica Cerro La Danta (4)



En el dibujo de la Figura 2, las líneas verdes son crestas y las amarillas pie de talud, las grises corresponden a curvas de nivel; la cota máxima en la fosa es +70 y la mínima -10 (referidas al 0 msnm). El factor de carga estimado para la carga de barrenos es de 0,58. Mientras la planta de beneficio estarán constituidas por: alimentador vibratorio, trituradora de mandíbula como primaria, una de cono como secundaria y una criba vibratoria para la clasificación. La producción contemplada fue de 200 000m³/año.

5. Discusión de Resultados

5.1. Caso 1. Explotación Subterránea

En algunas de las zonas de explotación visitadas se encontraron cierto “orden” y tecnificación, por lo que la meta es el aumento de su producción – que implica realización de inversiones- en equipos, métodos de planificación, asesoría, capacitación y seguridad. La producción que se toma de referencia es aquella capacidad de la planta de tratamiento, que es un activo adquirido con anterioridad y que es de 48 000 ton/año (3).

Debido a que las operaciones en este yacimiento en Lobatera se llevan a cabo de forma artesanal, se sugieren hacer cambios progresivos e ir reemplazando la fuerza humana por equipos que ayuden al fin último del aumento de la producción: pico por martillo picador hidráulico, y palas manuales y carretillas por autocargadoras, como algunos ejemplos. La inversión debe contemplar el uso de equipos de soporte y la adecuación-mantenimiento de la infraestructura necesaria.

El método de explotación va a depender de la configuración geomorfológica de los mantos de carbón y presencia de estructuras geológicas (pliegues y fallas) que impliquen nuevas formas de ataque a los frentes. En este mismo orden de ideas, el sostenimiento que se ha venido haciendo con madera (y amenaza la flora de la zona) puede hacerse con la ayuda de sostenimientos hidráulicos, que pueden retirarse una vez se agoten los frentes de trabajo y ser colocados en otros activos. Con respecto al drenaje, íntimamente relacionado con estructuras geológicas, se busca conocer el pH de las aguas que se manejan por dos motivos: técnicos (en la selección del sistema de bombeo) y ambientales (formación de drenaje ácido y consiguiente tratamiento/disposición).

Para esta propuesta, por el Método del Costo Unitario (7) los costos de inversión se encuentran en el orden de los US\$ 20 mil millones (calculado para 2011). Debido a que la información manejada es poca y que se trabajó en la etapa EC, los resultados obtenidos tienen una precisión de $\pm 30\%$ (7).

5.2. Caso 2. Explotación a Cielo Abierto

Para este estudio, Nieves (4) realiza varios cálculos en base a datos de estudios anteriores de la zona del posible proyecto en Cerro La Danta. Debido a que hay cercanos al sitio de interés canteras contiguas, se pueden emplear los datos de éstas para estimar los que pudiera tener esta explotación en el futuro. Las reservas se estiman en 5 millones de m³ de material aprovechable.



En la determinación de la producción se relaciona con la planta de beneficio mineral y se estima en unos 100 m³/hora. Todas las máquinas tanto de producción como de reducción de tamaño en planta se escogen considerando las características mineralógicas de la charnockita (el cual se usa como agregado para la construcción). Las operaciones unitarias fueron contempladas de la siguiente forma: arranque (perforación y voladura), carga (cargador frontal) y acarreo (camiones articulados). Las operaciones auxiliares requieren tractor de cadenas y motoniveladora.

En el logro de los objetivos de producción la explotación induce el desarrollo de dos fosas. La primera es la propuesta de la Figura 2 y alguna otra que se diseñará cuando se cuente con mayores datos de topografía y geología (4). Se advierte sobre la necesidad de información de geología estructural (existencia de diaclasamiento) para determinar cuáles son las geometrías reales y finales de las fosas requeridas.

Al igual que la anterior propuesta, se calculan los costos de inversión por el Método del Costo Unitario y estos se estiman en el orden de los US\$ 8 mil millones (evaluados para el año 2013), con una precisión de $\pm 30\%$ (7).

6. Conclusiones

Para ambos casos, el principal inconveniente en la profundización de las investigaciones es la cantidad de información, siendo comprobable y completamente justificable que solo se trabajaran ambos proyectos en la etapa de Ingeniería Conceptual. Para que estas propuestas puedan llegar a concretarse se necesita avanzar con los datos suministrados por los respectivos estudios al siguiente nivel de pre-factibilidad y/o viabilidad.

La dimensión de los costos de inversión a los que hay que incurrir para llevar a cabo los proyectos, están en el orden de magnitud de miles de millones, siendo el Caso 1 ubicado en las decenas de mil. Se recomienda en ambos temas realizar las estimaciones de los costos detallados, en caso de haber voluntad de ejecutar dichos proyectos (correspondientes a alguna de las siguientes etapas ya mencionadas).

Aunque los sendos casos vistos en este trabajo requieren de más información para convertirse en auténticos proyectos de inversión, los datos aportados en los mismos permiten a los inversionistas tener un panorama cada vez más claro de los aspectos a considerar a la hora de colocar su dinero en los mismos.

Referencias

- (1) Lowrie, Raymond L. "SME Mining Reference Handbook", 1. Project Evaluation, 2002.
- (2) República Bolivariana de Venezuela. Ministerio del Poder Popular para las Industrias Básicas y Minería: "Normas para la emisión de informe favorable para el uso de sustancias explosivas y sus accesorios en la actividad minera" Gaceta Oficial N°39.576 17/12/2010.
- (3) Escalante, Karla. "Elaboración de una propuesta de explotación subterránea de carbón en la etapa de Ingeniería Conceptual para la concesión Cazadero 12, ubicada en el Municipio Lobatera



en el estado Táchira”, 2011. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela. Pp. 303.

(4) Nieves, Orianna. “Elaboración de una propuesta para la explotación a cielo abierto de charnockita, en la etapa de Ingeniería Conceptual, Cerro La Danta-Sector Cambalache estado Bolívar”, 2013. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela. Pp. 145.

(5) Plan de La Patria 2013-2019. Disponible en:

http://www.asambleanacional.gov.ve/uploads/botones/bot_90998c61a54764da3be94c3715079a7e74416eba.pdf. Consulta: 29/06/2014.

(6) Decreto con Rango y Fuerza de Ley de Minas, 1999. Gaceta Oficial N°5.382 28/09/1999.

(7) Instituto Tecnológico Geominero de España. “Manual de evaluación técnico-económica de proyectos mineros de inversión”. Madrid: Editorial ITGM. Pp. 541. 1994.

Correspondencia

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas 1030, Urbanización Los Chaguaramos. Facultad de Ingeniería. Edificio de Geología, Química y Petróleo. Piso 2. Oficina 209F. Apartado 54027. Dirección de correo electrónico: aurora.pina@ucv.ve Teléfono oficina: +58 212 605 3118. Web: www.ucv.ve