
MODELAMIENTO DE UN YACIMIENTO HIPOTETICO DE CARBÓN UTILIZANDO EL SOFTWARE MINESIGHT®.

HYPOTHETICAL MODEL OF A COAL DEPOSIT USING SOFTWARE MINESIGHT®.

Giovanni Franco Sepúlveda¹ & Cristian Camilo Henao Gómez²

1. Ingeniero de Minas y Metalurgia, Magíster en Ciencias Económicas y Doctor (c) en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Profesor Escuela de Ingeniería de Materiales y líder del Grupo de Investigación en Planeamiento Minero, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Medellín, Colombia.

*2. Estudiante de ingeniería de Minas y Metalurgia, Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Investigación en Planeamiento Minero, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
gfranco@unal.edu.co, cchenao@unal.edu.co*

Recibido para evaluación: 1 de Septiembre de 2011 / Aceptación: 30 de Octubre de 2011 / Recibida versión final: 15 de Noviembre de 2011

RESUMEN

Este artículo presenta una compilación de términos generales relacionados con la generación de un proyecto geológico minero usando herramientas ejecutables proporcionadas por Minesight®, que es una de las herramientas para el modelamiento y la planificación minera más utilizadas a nivel mundial, tomando como punto de partida el suministro de datos de campo hasta la finalización con el planeamiento minero, relacionando los diferentes tipos de datos en simulaciones posibles y aplicables a los depósitos de carbón. Adicional a esto, se presenta un caso de estudio aplicado en un depósito hipotético de carbón el cual fue modelado teniendo en cuenta el tipo de depósito sedimentario y la calidad de sus carbones, logrando un diseño óptimo para el proyecto utilizando Minesight® e integrando las etapas mineras en un solo software de planificación.

PALABRAS CLAVE: Planeamiento minero, modelo de bloques, modelo geológico, *Cut off*, sondajes, Planeador estratégico, Planeador económico, Geo modelamiento, Carbón

ABSTRACT

This article presents a compilation of general terms relating to the generation of a project using tools geological mining provided by Minesight® executables, which is one of the tools for modeling and mining bakery most used worldwide, taking as its starting point the supply field data until the end with mine planning, linking the different data types in simulations possible and applicable to the coal deposits. In addition to this, we present a case study applied to a hypothetical coal deposit which was modeled taking into account the type of sedimentary deposit and the quality of its coal, achieving an optimal design for the project using Minesight® and integrating the stages one mining planning software.

KEYWORDS: Mine planning, Block model, geological model, Cut off, Drillholes, Strategic planner, Economic planner, Geo modeling, Coal

1. INTRODUCCION

En el marco del planeamiento minero, encontrar una metodología apropiada de extracción de un recurso mineral que proporcione mayor beneficio al negocio minero, conlleva a generar metodologías prácticas que permitan diseñar modelos que se ajusten a las diferentes etapas en la vida de un proyecto minero y a sus eventuales cambios (W.Hustrulid 2006). Los software mineros se postulan como una alternativa de diseño y simulación para los planeadores permitiendo un mejor desarrollo técnico en la minería y un ahorro en costos y tiempo. De ahí la importancia de este artículo que expone una nueva solución con diferentes herramientas para el planeamiento minero “Minesight®” que integra varias etapas de diseño en un conjunto de operaciones (geología, diseño, planeamiento y operación) dentro de un solo software.

Este artículo tiene como objetivo realizar una modelación hipotética de un yacimiento de carbón utilizando Minesight® implementado para el modelamiento y la planificación que integra sus etapas en un solo sistema, actualmente no es utilizado en Colombia pero a escala global es uno de los más aplicados en diferentes proyectos mineros. Se realiza un ejemplo de modelamiento de un proyecto carbonífero mostrando una completa gama de herramientas para realizar las planificaciones completas de los planes mineros sin necesidad de implementar dos o más programas de minería como comúnmente se elaboran todas las planificaciones en Colombia.

El modelamiento fue realizado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, en la Facultad de Minas, la metodología que fue utilizada es la usada frecuentemente en las planificaciones convencionales (interpretación de datos, geo modelamiento, diseño, planeación y operación) con los diferentes software de minería; como primera etapa se definió el estudio los datos de campo, en segundo lugar se realizo el despliegue de sondajes y el diseño de modelo geológico para la generación del modelo de bloques, como paso final se creó el *Pit* optimo, que es un escenario elaborado con variables económicas además, del diseño de las fases, planta, botaderos y caminos.

Se espera que la implementación de Minesight® diseñado para optimizar operaciones mineras, impulse de manera positiva el desarrollo de la industria minera dentro del territorio nacional, además de que se conozca otro programa de simulación para el modelamiento de depósitos minerales de interés económico como Minesight® mostrando algunos de los beneficios que da la simulación y optimización de proyectos utilizando este software.

2. METODOLOGIA DE MODELAMIENTO

Como fue mencionado anteriormente, se utilizo Minesight® para la modelación de un Deposito carbonífero hipotético utilizando datos de la industria minera, utilizando este programa diseñado para tomar datos de campo, de origen estándar (Sondajes, muestreos subterráneos, barrenos de voladura, puntos topográficos, entre otros), para realizar operaciones y extenderlo hasta aplicarlo en los programas con que cuenta el software.

Como paso inicial para la realización de proyectos esta el análisis de cada uno de los datos e informes de campo suministrados donde se almacena la información de la zona de interés, esta información estará contenida en diversidad de planillas de datos. En la tabla 1, se presenta algunos de los datos básicos requeridos por el software.

Tabla 1. Datos básicos requeridos por Minesight®.

Nombre de planillas de datos	Especificación.
Collar	Puntos de superficie donde se encuentran los sondajes de exploración, puntos de ubicación espacial, coordenadas sobre la topografía etc.
Survey	Datos topográficos, azimut e inclinaciones dentro de la zona de estudio.
Assay	Análisis y ensayos de laboratorio en muestras de campo.
Geology	Alteraciones y asociaciones geológicas, tipo de roca de la zona entre otras.

Fuente. Elaboración propia

También se debe conocer los datos de topografía de la zona de estudio, e información general del proyecto como: los límites y los factores de calidad del macizo; entre más datos se tengan en cuenta para realizar el diseño se podrá efectuar una mejor simulación y optimización con la herramienta a lo largo del desarrollo del proyecto.

2.1. Metodología de diseño.

En primer lugar se procedió a importar la topografía que está guardada en archivos Dxf y es entregada en la base de datos de la zona suministrada por la industria minera para observar las características del terreno a trabajar y tener en cuenta las diferentes posibilidades de modelamiento y diseño que se pueden realizar. Paso a seguir se procede a la creación de un PCF (*Project control file*) que es una parte básica para el almacenamiento de la información en el software donde se crearon archivos vinculados al Minesight® Compass que es la base de datos, donde se ejecutan todos los procesos que tiene Minesight®, En la tabla 2, se describen algunos programas para la optimización de los planes mineros.

Tabla 2. Módulos Minesight® para la optimización de los planes mineros.

Módulos.	Descripción
MSVAL	Valoración económica, planeamiento a largo plazo.
MSSO	Schedule optimizer, para la optimización máxima del programa.
SCRIPT	Base de datos para realizar cálculos matemáticos (algoritmos).
MSHAULAGE	Modelación del transporte, importación de datos de equipos específicos de transporte.
MSIP	Planeador a corto plazo, Interactive planner.
MSDA	Data análisis, geoestadística.
MSEP	Economic planner, pre-factibilidad económica.
MSTORQUE	Administración de sondeos.

Fuente. Elaboración propia

Con los datos suministrados de las perforaciones realizadas en campo y almacenadas en las tablas de información topográfica y geológica descritas en la tabla 1, se procede a cargar todos los datos contenidos en las tablas vinculadas al Minesight® compass (*Project control file*). En la tabla 3, se presentan datos hipotéticos requeridos por Minesight®.

Cargadas todas las tablas en Minesight® compass se procede a ejecutar los procesos básicos para que el software permita realizar el modelamiento, semiautomático si es necesario, teniendo en cuenta que el software realiza modelamientos y diseños estándar para el tipo de depósito requerido con la información suministrada. Posteriormente, se procede a realizar por parte del geólogo modelador la interpretación de datos arrojados por los diferentes procesos ejecutados, además del manejo de las funciones CAD y las herramientas que tiene integradas el software para el diseño y planeamiento minero que se enunciaron en la tabla 2.

Para realizar todo el trabajo de modelamiento y diseño se realizaron los siguientes pasos secuenciales, tal y como se presenta en la figura 1.

Como paso inicial, se despliegan los sondajes de las perforaciones de la zona de estudio seguido de la señalización de cada barreno ubicando su número de identificación en la parte inicial, se diferencia con colores las diferentes calidades en la continuidad de la perforación tanto para los sondajes simples como los de compositos (son calculados sobre los mantos para mostrar el valor a base de minado; los datos compositados se pueden listar, actualizar, analizar geoestadísticamente y estadísticamente y pueden ser ploteados en plan o en sección.) Luego se procede resaltar las zonas de interés con un rango de valores a los *cut off* (ley de corte) de cada manto según su calidad que se consideraron pertinentes para el depósito, estos datos son fundamentales para la interpretación geológica de los mantos. (Huang et al. 2011), se generan histogramas para diferenciar las zonas ricas de cada uno de los sondajes y mostrar su distribución a lo largo de la perforación teniendo en cuenta los controles de calidad (ojos de buey o peras). En la Figura 2, se presenta la topografía hipotética de la zona de estudio con la ubicación de cada uno de los *Dril holle* con su respectiva identificación.

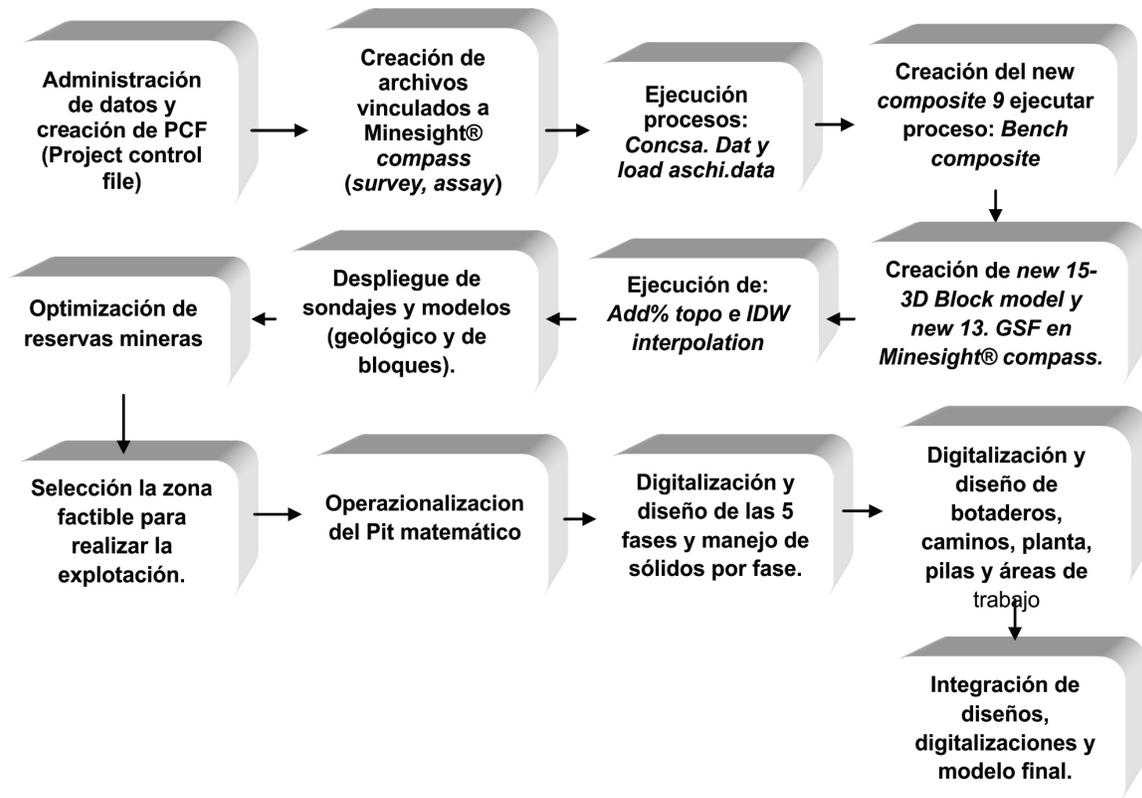


Figura 1. Orden de procesos para el modelamiento.

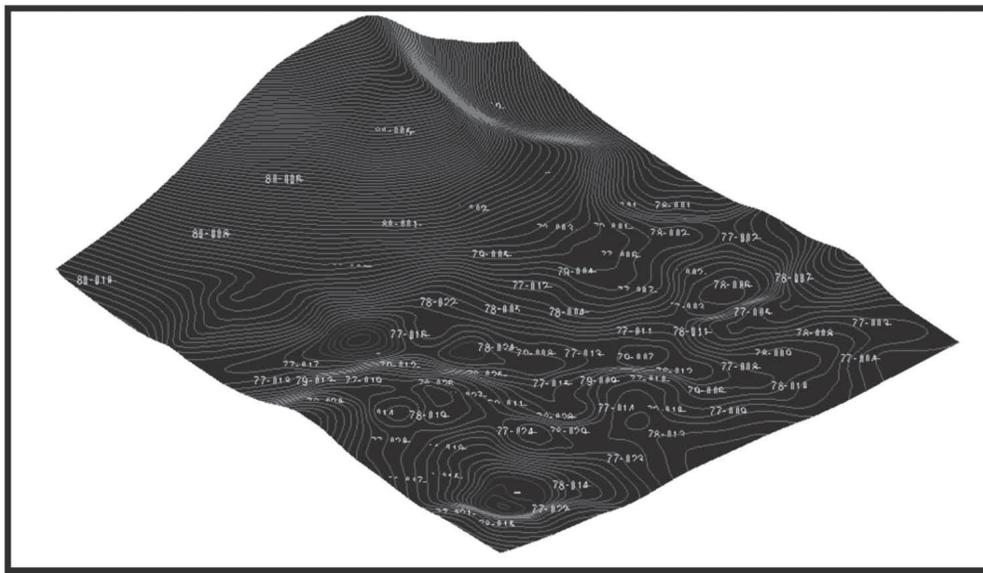


Figura 2. Perforaciones a lo largo de la superficie del terreno.

Fuente. Minesight software.

2.2 Datos e interpretación de diseño

Continuando con el diseño, se procede a realizar modelo geológico basado en los sondajes de compuesto (material constituido por más de un componente) descrito anteriormente, Los yacimientos pueden ser representados por un

modelo 3D o GSM. Generalmente se usa un modelo 3-D de bloques para modelar yacimientos de metal básico como el oro y cobre, también puede utilizarse para la modelación proyectos carboníferos, pero en este caso se utilizó un GSM (*Grid Seam Model*) para realizar el modelo de bloques de cada manto de carbón en el proyecto.

Se realizó la interpretación automática del modelo de bloques que es generado por Minesight® basado en los sondajes desplegados, obteniendo una distribución de bloques a lo largo del cuerpo sedimentario, en cada bloque se puede encontrar la caracterización de los carbones distribuidos de diferente forma, las dimensiones de bloque son especificadas por el usuario. Este conjunto de procesos trabaja desde el modelo de bloques GSM (*Grid Seam Model*). En la Figura 3, se puede observar el modelo de bloques por manto generado por Minesight®.

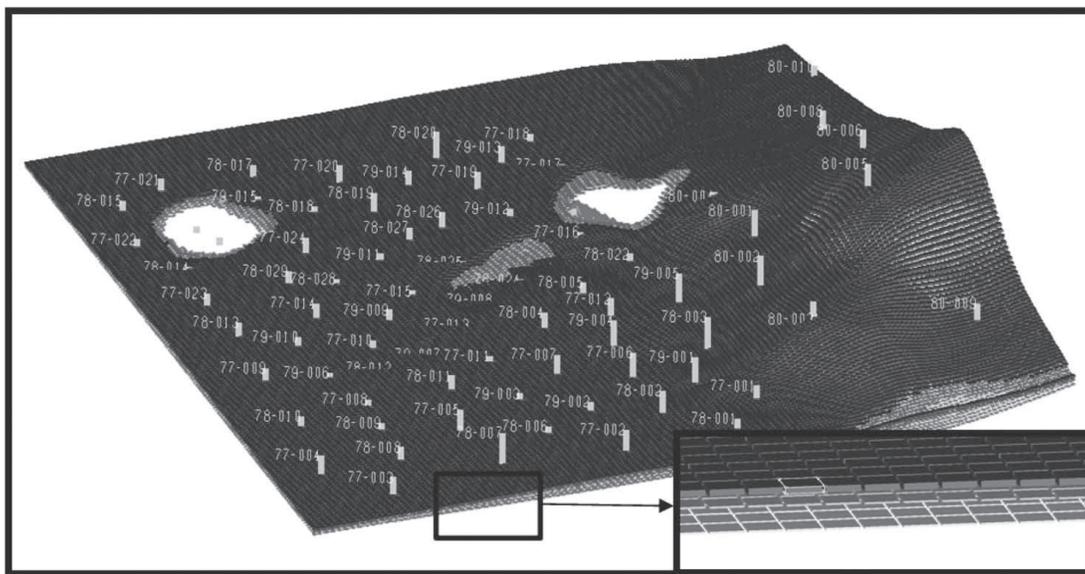


Figura 3. Modelo de bloques GSM y visualización de los mantos.
Fuente. Minesight software.

Para la creación del modelo de bloques se tuvieron en cuenta las calidades de carbón para tomar los mantos con óptimas condiciones para la explotación, las zonas de mayor interés económico se seleccionaron luego de realizar la optimización, también se tuvo en cuenta el tipo de roca existente en la zona. En la tabla 3. Se presenta los datos máximos y mínimos tomados en cuenta de los mantos de carbón del modelo.

Tabla 3. Calidades de los mantos del depósito sedimentario.

	<i>K/Cal</i>	<i>Sulfuros %</i>	<i>Cenizas %</i>	<i>SG g/cm3</i>	<i>Humedad %</i>
<i>Máximo</i>	8.111	6,2	45	2	19
<i>Mínimo</i>	2.687	0,5	3,1	1.310	16,8

Fuente. Elaboración propia

Terminada la creación del modelo de bloques se ejecuta el modulo del planeador económico (*economic planner*) para crear un límite económico o cono optimo semiautomático, donde se utilizan diversas variables de diseño por parte del planeador creando diversos escenarios para observar las mejores zonas factibles para realizar minería teniendo en cuenta producción. En este caso de estudio hipotético se seleccionó un área dentro de la topografía establecida en los límites del proyecto en la cual nos enfocaremos para realizar minería, esta zona escogida es manipulada con el software y se aplica las diversas funciones CAD básicas. Además del manejo de varias herramientas como *Pit expansión* (para creación de las zonas de Pit), *Extrude* (para generación de pilas y botaderos) e *Intersect surfaces tool* (para la intersección de superficies).

3. DISEÑO DE FASES Y ZONAS.

Terminado el modelo de bloques y teniendo el Pit generado por el *economic planner* (planeador económico), se procede a la preparación de Zonas, Botaderos, pilas, Planta Área de Trabajo, utilizando la topografía como referencia además de realizar trazados de zonas para los ítems mencionados, la selección de zonas de botaderos quedó marcada por la eficiencia de extracción de mineral en el proyecto, su ubicación, básicamente fue planteada para tener unos tiempos de acarreo mínimos entre las secuencias mineras teniendo en cuenta inclinaciones, distancias y anchuras de vías, longitudes de acarreos entre otros. En la figura 4, se puede observar el diseño de áreas de botadero, acopio e infraestructura, áreas de lagunas de sedimentación y pilas utilizando herramientas como *Extrude* y *Pit expansión*.

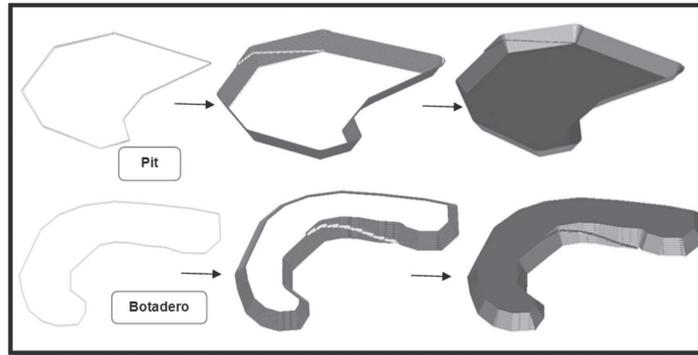


Figura 4. Diseño de Pit y botaderos.

Fuente. Minesight software.

Para el diseño y ubicación de la planta se tuvieron en cuenta las zonas factibles para la construcción más cercanas a la mina, los parámetros de diseño de planta son basados en la cantidad de material extraído de mina y en la capacidad de procesamiento por año. En la figura 5, se observa el diseño de 5 fases mineras, el diseño de caminos, botaderos y planta de beneficio en el área seleccionada para el modelamiento.

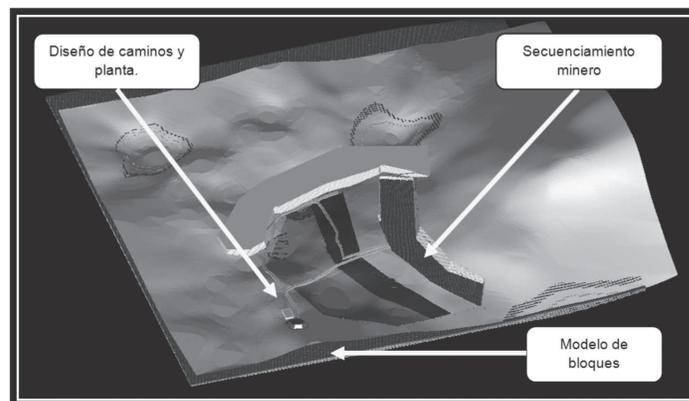


Figura 5. Fases mineras por periodo.

Fuente. Minesight software.

Las áreas de trabajo se definieron aplicando los mismos límites del ítem anterior, definiendo como área de trabajo las zonas donde se está llevando a cabo la explotación minera, también se llaman zonas de trabajo a las zonas del mantenimiento de equipos y maquinarias implementadas en la mina (talleres), y zonas habilitadas para cualquier tipo de eventualidad.

El siguiente proceso fue la realización de las fases para este proyecto teniendo como limite final el polígono tomado para la realización del Pit final, realizando la digitalización con la herramienta *Pit expansión tool*. En la figura 6, se observa el resultado de la digitalización del Pit base o *Pit Shell*

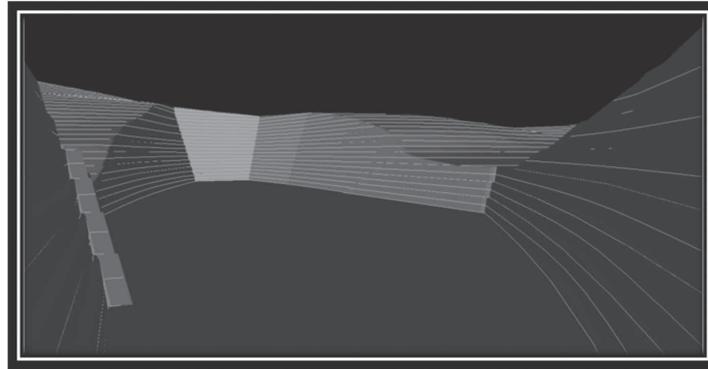


Figura 6. Diseño del Pit de una fase.
Fuente. Minesight software.

Esta es una representación básica de la modelación de un yacimiento hipotético de carbón utilizando Minesight®, utilizando algunos conceptos básicos para la interpretación y optimización básica de datos; Es una herramienta aplicable a cualquier tipo de yacimiento en minería de superficie o excavaciones subterráneas. Minesight® cuenta con diversidad de herramientas para la optimización de planes mineros de los cuales solo se dio una breve descripción sin hacer énfasis en ninguno de ellos pero que son de gran importancia en la modelación de proyectos (péndola M. 2011); En la figura 7, se observa el *Pit* final antes de la explotación de los mantos de carbón.

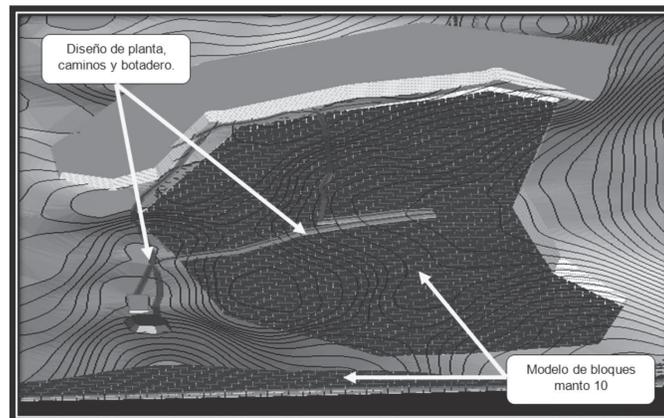


Figura 7. Material antes de la extracción y diseño de vías, planta, botadero y pilas.
Fuente. Minesight software.

4. CONCLUSIONES.

A continuación se describen algunas conclusiones del trabajo presentado:

1. El uso de software en la minería es elemental para solución integral a problemas presentes en la actividad minera en el transcurso del tiempo. Para lograr la optimización de proyectos utilizando una herramienta que se desempeñe en las diferentes etapas del negocio minero (planeamiento, exploración, perforación y áreas de voladuras, acarreo, beneficio y entrega entre otros), Actualmente se hace necesario de la ayuda de dos o más software de minería para realizar la integración de las etapas antes descritas.
2. Utilizando Minesight® como herramienta de planificación, diseño y optimización se pueden integrar diferentes etapas relacionadas con los proyectos mineros, pero hay que tener en cuenta que no es la solución total a los problemas que se presentan en el desarrollo de la minería.

3. Minesight® puede brindar a la minería colombiana una gran ayuda para el desarrollo de proyectos teniendo un alto grado de exactitud en los diseños de proyectos además de realizar simulaciones en varios escenarios económicos posibles, ya que cuenta con un sistema integrado de planificación con experiencia en todo tipo de yacimientos a nivel mundial teniendo en cuenta variables económicas y financieras.
4. En los depósitos sedimentarios de carbón en minería a cielo abierto se pueden interpretar diversos métodos de modelamiento y diseño con un fácil manejo de las herramientas con que cuenta Minesight®, con base en esto se interpreto el modelo geológico del depósito utilizando GSM (*grid seam model*) para tener mayor exactitud en el planeamiento del proyecto al evaluar económicamente cada bloque del modelo.
5. Se puede utilizar Minesight® como una herramienta para el diseño y simulación de proyectos mineros buscando la integración de las operaciones unitarias en un solo software, implementando en Colombia una herramienta que permita diseñar modelos óptimos buscando una minería productiva.

REFERENCIAS.

- Huang Z, Banfield F, Cancino R, y Chacon E. A médium-term and short-term mine planning tool based on mixed integer linear programming technique. Proceedings second international seminar on mine planning, 2011.
- Hustrulid W and Kuchta M. 2006. Open Pit Mine Planning & Desing. Volume 1, second edition, fundamentals. Taylor y Francis plc, London, UK.
- MineSight software solutions from Mintec, INC. [En línea], [citado 29 Julio 2011]. Disponible en Internet: <http://www.minesight.com/products/design.php>.
- Mintec Minesight. www.minesight.com/enl/December.../coordinate_extents_Esp.pdf. [En línea]. [citado 12 Junio 2011].
- Pendola M, and Castañeda C. Phases generation and optimization. Proceedings second international seminar on mine planning, 2011.
- Portal minero, 2006. Limites económicos de la explotación a rajo abierto. Primera edición abril. Manual General de Minería y Metalurgia. pp, 42-51.
- Vallejo, M., Baquero J. y Franco G. 2010. Análisis de los algoritmos de optimización minera: cono flotante y Lerchs-Grossmann utilizando Gemcom Surpac y UPL. Boletín de Ciencias de la Tierra. Número 28. Medellín.