

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA TOMÁS FRÍAS  
VICERRECTORADO  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MINERA  
INGENIERÍA DE MINAS**



# **ESTUDIO, APLICACIÓN Y CAPACITACIÓN DE SOFTWARE MINEROS ESPECIALIZADOS**

**“INFORME DE INVESTIGACIÓN”**

**AUTOR: Ing. René Quispe López**

**Gestión: I / 2009**

**POTOSÍ - BOLIVIA**

# I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
I MARCO TEÓRICO	7
1.1 La industria minera	7
1.2 Innovaciones tecnológicas en minería	8
1.2.1 Maquinaria	8
1.2.2 Software para minería	8
1.3 Mercado de Software mineros	9
1.4 Proveedores principales y oferta de soluciones	10
1.4.1 Softwares Datastream	10
1.4.2 Softwares Datamine	11
1.4.3 Softwares Gemcom	11
1.4.4 Softwares Maptek	13
1.4.5 Softwares Mincom	14
1.4.6 Softwares Novell	15
1.4.7 Softwares Surpac	16
1.4.8 Softwares Wenco	17
1.5 Aplicaciones de softwares mineros en campos específicos	20
1.5.1 Para tratamientos de datos de sondeos y cubicación de reservas	21
1.5.1.1 Software Geoeas	21
1.5.1.2 Software Rockworks99	22
1.5.1.3 Software Exploration Office	23
1.5.1.3.1 Software Downhole Explorer	24
1.5.1.3.2 Software Terrain	25
1.5.1.3.3 Software Viewpoint	26
1.5.1.3.4 Software Sectcad y Blocad	26
1.5.1.3.5 Software Setcad	26
1.5.1.3.6 Software Blkcad	27
1.5.2 Para tratamiento integral de las explotaciones mineras	29
1.5.2.1 Software Sermine	30
1.5.2.2 Software Surpac 2000	31

1.5.2.3	Software Whittle Four - X	32
1.5.2.4	Software Maxipit y NPVScheduler	33
1.5.2.4.1	Software Maxipit	34
1.5.2.5	Software Amap	34
1.5.3	Para el diseño minero y simulación de operaciones	35
1.5.3.1	Software Transmin 2.0	35
1.5.3.2	Software Taludmin	36
1.5.3.3	Software Swedge	37
1.5.3.4	Software Slide	39
II	SELECCIÓN DEL SOFTWARE	41
2.1	Consideraciones generales	41
2.2	Programa Serpa	42
2.2.1	Introducción	42
2.2.2	Objetivos del programa	43
2.2.3	Entrada de datos	43
2.2.4	Menú	44
2.2.5	Tipos de datos	44
2.2.6	Ficheros	45
2.3	Procedimiento	45
2.3.1	Datos de producción	45
2.3.2	Datos del depósito mineral	46
2.3.3	Datos costos de los suministros	47
2.3.4	Datos de costos variables	47
2.3.5	datos de cosos del personal de supervisión	48
2.3.6	Equipo	48
2.3.7	Datos de costos de equipo	49
2.3.8	Otros datos de inversiones para la explotación	49
2.4	Resultados	50
2.4.1	Resumen de costos operativos de suministros y materiales	50
2.4.2	Resumen de costos operativos laborales	50
2.4.3	Resumen de costos operativos del equipo	50
2.4.4	Otras inversiones	51
2.4.5	Resumen de costos	51
III	PROPUESTA DE APLICACIÓN Y CAPACITACIÓN	52
3.1	Antecedentes	52
3.2	Introducción	52
3.3	Objetivos	53
3.4	Metodología	53
3.5	Conclusiones	54

CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	58

## BIBLIOGRAFIA

Anexos

Enlaces Mineros Web

## RESUMEN

De las diferentes revoluciones que ha sufrido la minería en el presente siglo (implantación de máquinas con capacidades y rendimientos mayores, desarrollo de la economía en escala, etc.) una de las más importantes y de mayor trascendencia ha sido sin lugar a dudas, la transformación a principios de los años 80 por el desarrollo de los softwares mineros de manera paralela a la llegada de los ordenadores personales.

Estas innovaciones tecnológicas, ha permitido a la industria minera, mejorar los rendimientos de producción y al mismo tiempo disminuir el riesgo económico de las operaciones.

El trabajo, presenta un resumen de la existencia en el mercado especializado minero de estas herramientas cibernéticas, para contribuir al conocimiento general, de la gran variedad de programas informáticos, particularmente a nivel mundial. El estudio realizado incluye en el Capítulo II, la caracterización del *Programa Sherpa*, cuyo anexo de referencia muestra la salida de resultados que realiza el programa. Finalmente se recomienda la adquisición de uno de los programas indicados en el estudio, para beneficio de la Carrera de Ingeniería de Minas y de la competitividad en la industria minería.

Se adjunta en medio magnético, tutoriales y manuales que permitirán conocer mayores detalles de algunos programas informáticos.

## **ESTUDIO, APLICACIÓN Y CAPACITACIÓN DE SOFTWARES MINEROS ESPECIALIZADOS**

### **INTRODUCCIÓN**

La tradición minera de Bolivia, se caracterizó por ser extractiva y monoprodutora, a partir de 1980 ingresa a una diversificación en su producción y casi paralelamente se comienza a hablar sobre desarrollo sostenible, acompañado de la protección y preservación ambiental, siendo inevitable en los emprendimientos mineros, la aplicación de políticas ambientales que sin lugar a dudas representan inversiones que deben ser tomados en cuenta desde el inicio, durante y hasta la conclusión o cierre de un Proyecto.

Es importante indicar el rol del Ingeniero de Minas para el proceso tradicional, por ejemplo en el diseño de minado, basada principalmente en la determinación manual de características del yacimiento mineral. Los esquemas de diseño utilizados en el pasado, en los que se comparan los valores promedio (o los rangos) de las características del depósito con aquellos requeridos por cada método de minado, ya no son adecuados en el moderno diseño del minado.

La mayor deficiencia en la determinación manual deviene de que, ésta no determina las características espaciales del depósito. Hoy en día, con el creciente uso de sistemas de diseño computarizado, se necesita una determinación cuantitativa exacta del tipo de depósito. El análisis espacial del yacimiento, modelamiento de las características del depósito y otros prerrequisitos del diseño pueden ser realizados utilizando software especializado.

La visualización tridimensional y los procesos virtuales proveen enormes oportunidades para que los ingenieros observen sus diseños y los prueben antes de su implementación, es decir que todo el programa planificado, puede ser simulado

con la utilización de software especializado, y no sólo en el diseño de minado sino en diferentes campos de especialidad, como por ejemplo, modelación de túneles, mecánica de rocas, planificación de explotación, planificación de la ventilación, del sistema de bombeo, simulación de riesgos en proyectos mineros, etc.

La visualización computarizada ha venido siendo usada en minería a lo largo de varios años. De hecho la visualización es considerada por muchos profesionales como una herramienta estándar, indispensable en la caracterización, modelado de reservas, así como diseño superficial y subterráneo. Hoy en día, la pesada técnica manual de hacer planos y secciones, puede no solamente ser fácil y eficientemente duplicada en la pantalla de la computadora, sino que también pueden ser eliminadas. Ya que los sistemas computarizados recuperan, analizan y presentan los datos mucho más rápidamente y con mucha mayor precisión, la visualización ofrece grandes oportunidades para que el ingeniero realice tareas de manera eficiente y con mayor precisión.

A pesar de que las computadoras comenzaron a emplearse en labores mineras desde inicios de los años setenta, las compañías de software mineros han comenzado a incorporar adecuadas herramientas de visualización tridimensional en sus productos. Hay, sin embargo numerosos ejemplos de aplicación de sistemas integrados de diseño minero, los que ahorran millones a las compañías a través del análisis, simulación y visualización de proyectos antes de ejecutar cualquier inversión sustancial.

La creencia popular que los problemas serán resueltos en tanto se presenten durante la operación ya no es aceptable de acuerdo a los modelos estándares.

La capacidad de visualizar espacialmente el depósito mineral e inspeccionar cualquiera de sus puntos en términos de coordenadas y valores variables es de la mayor importancia para el diseño de minado más adecuado. Una de las características más prometedoras de la evaluación espacial es la flexibilidad con que

se cuenta para responder a cambios en las condiciones del depósito. Se hará evidente en casos en donde se añaden a las bases de datos existentes grandes cantidades de información durante una de las muchas fases de desarrollo del depósito mineral.

Por tanto se evidencia la necesidad de conocer, aplicar y capacitarse en herramientas computarizadas, como fuente integradora de la formación profesional y también en el fortalecimiento los estudiantes.

El Proyecto se **justifica**, por la introducción del conocimiento de los software mineros especializados, siendo parte también del Proyecto el establecimiento de un gabinete de software minero, que de una u otra manera en un mediano tiempo contribuirá en la formación del estudiante de Ingeniería de Minas en nuestra Facultad, y como sucede en el entorno nacional, dos Universidades del Sistema realizan la formación de la carrera de Ingeniería Minera, lanzando al mercado profesional ingenieros generalistas, evidentemente con el serio compromiso de responder los retos del mercado nacional y por qué no decirlo del mercado internacional de los minerales.

En la actualidad se tiene muchas ventajas debido a la incorporación de materias que permiten al profesional tener conocimiento de economía, administración y gestión empresarial, como también el manejo y preservación del medio ambiente, además de un conocimiento general de la cibernética, quedando como una propuesta importante el conocimiento de dos idiomas como mínimo. A lo cual debe quedar claro que toda formación debe estar dirigida a fomentar la capacidad y conocimiento “*para hacer bien las cosas*” ( to do the things righth)\*<sup>1</sup> y estar actualizado de los cambios, producto del tiempo.

Dentro de los puntos negativos que frenan la formación del futuro profesional hay que mencionar el divorcio existente entre las universidades y la industria durante el

---

\*1 Evaluación y Planificación Minera, pág. 22



proceso enseñanza - aprendizaje ya que la existencia de esta relación permite establecer las necesidades que tiene la Industria y así brindar la formación adecuada para superarlas.

En esta realidad no es una novedad la necesidad de contar con profesionales de mando medio, los más adecuados para desarrollar nuestra minería chica y cooperativas, pero en el entendido de que con esta finalidad fue creada la Universidad de Siglo XX, ante lo cual queda flotando la pregunta, ¿está cumpliendo con sus objetivos esta Universidad?

Indudablemente la profesión del Ingeniero de Minas está directamente relacionada con la explotación de los recursos mineros, y de poco (respecto a países vecinos) se viene desarrollando la minería de grandes volúmenes tipo Inti Raymi, Minera San Cristóbal, Sinchi Huayra, Pan American Silver en San Vicente y la minería chica que se debe adecuar a otra de volúmenes un poco más reducidos. Por ello debemos empezar a preocuparnos de la actualización y aplicación de recursos técnicos - cibernéticos que nos permitan hacer frente a los desafíos de emprendimientos grandes, como los que va desarrollando la minera Jindal con el desarrollo del más grande yacimiento de hierro, siendo en consecuencia imprescindible si no es la especialización, mínimamente en el manejo y aplicación de algunos paquetes mineros, que hoy por hoy son necesarios de acuerdo a requerimientos de las empresas indicadas.

Por tal motivo y porque en el interior de cualquier organización productiva y en el caso particular de la industria minera las personas constituyen el principal patrimonio de las organizaciones, compuesto de personas que van desde el más simple de los obreros hasta el principal ejecutivo, el capital humano es la principal diferencia competitiva de las organizaciones exitosas. En consecuencia se justifica el manejo y aplicación de softwares especializados, en función de la adquisición de paquetes bajo licencia específica de los fabricantes y con la realización de cursos específicos para la capacitación en software especializado.

El planteamiento del **Problema de Investigación**, se presenta bajo la siguiente interrogante; ¿La propuesta del estudio, aplicación y capacitación en software especializados mineros en la Carrera de Ingeniería Minera, contribuirá en la mediata especialización del Ingeniero de Minas?

El **objeto de la investigación**, conocimiento de softwares mineros especializados.

El **campo de acción** de la investigación el gabinete de software especializado minero.

El **objetivo del proyecto**; el estudio, aplicación y capacitación de software minero especializado.

La investigación persigue los siguientes **objetivos específicos**:

- Fortalecer el gabinete de software especializado minero
- Implementar el aula virtual de la Carrera de Ingeniería Minera
- Elaboración de manuales prácticos de aplicación
- Efectuar trabajos de investigación con la aplicación de software
- Realizar capacitación en el manejo y aplicación de software minero

La **hipótesis** del estudio, la aplicación y la capacitación en software mineros especializados, establecerá el inicio del conocimiento técnico especializado, que con la profundización respectiva responda los desafíos actuales en la maravillosa industria minera.

La **operacionalización de la hipótesis** considera las siguientes variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
Estudio, manejo y aplicación De software especializados Mineros.	Se logrará incentivar y fortalecer el Conocimiento cibernético-práctico del profesional Ingeniero de Minas.

El **diseño metodológico** empleado para la ejecución del presente trabajo de investigación, comprende cuatro componentes:

**Teórico;** que a su vez contempla lo **histórico – lógico**, que permitirá la revisión especializada permitirá conocer los eventos de la evolución del software especializado minero. La **inducción deducción**, permitirá la aplicación del conocimiento general del laboreo minero que será tomada en cuenta en el estudio de los paquetes computacionales. **Hipotético - deductivo**, los softwares que se adquieran serán utilizados para la presente investigación. Mediante el **análisis síntesis**, se comprenderá el alcance del trabajo para lograr el objetivo propuesto en el presente trabajo.

**Empírico;** que comprende la **observación** y será aplicada en todo el proceso del estudio para la aplicación de los paquetes especializados.

La **novedad científica;** la aplicación de tecnologías cibernéticas en la planificación de minas se encontrará sustentada en los conocimientos y el manejo de paquetes especializados, escasamente difundidos en nuestro entorno minero.

El **aporte práctico;** como “especialización” específica en un determinado área y en tiempo mediano, la aplicación práctica en los grandes emprendimientos mineros, en función de los requerimientos y desafíos actuales de la industria de los minerales, el profesional minero estará fortalecido para el desempeño requerido.

## **I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. LA INDUSTRIA MINERA**

La minería es madre de todas las industrias, pone a disposición de la Humanidad las materias que las demás actividades procesan para cubrir las necesidades. El hombre las busca en la parte accesible de la corteza terrestre, las extrae, las utiliza en forma natural y/o las prepara para su utilización.

La minería, es una actividad que está constituida por varias etapas; su primer paso constituye la prospección-exploración, cuyo objetivo es encontrar y evaluar yacimientos económicos para satisfacer la demanda del mercado. La norma elemental en todo proceso de prospección minera consiste en aplicar métodos relativamente modernos y económicos capaces de abarcar grandes zonas, descartando áreas no favorables.

En la naturaleza las concentraciones de los yacimientos minerales económicamente explotables que se encuentran en las partes accesibles de la corteza terrestre, no se reproducen como las plantas o los animales, cada tonelada que se extrae (explota) es una tonelada menos que dispone la posteridad. Dada la creciente demanda de minerales, la minería moderna o la explotación a cielo abierto, cuya tendencia se relaciona con el total aprovechamiento de las reservas aunque se les opone algunos factores como por ejemplo el interés económico, la rentabilidad comercial de la inversión que ella representa, lo cual conduce inevitablemente al abandono de reservas que en el presente no pueden explotarse con beneficio.

Los esfuerzos de la ciencia y la tecnología buscan el óptimo aprovechamiento de las reservas en la explotación así como los procesos de concentración y en la fundición misma (metalurgia) siendo la meta ideal la recuperación total (100 %). Por otra parte, los países industrializados en la actualidad aplican técnicas para la recuperación de metales de los desechos y chatarras, cuidando que sus propias

reservas con disposiciones proteccionistas y sometiendo a los países poseedores de materias primas para mantener un flujo normal de sus requerimientos. Los minerales que se explotan en mayor escala son el petróleo y el carbón, a continuación los minerales ferrosos y luego los no ferrosos, también debemos indicar la explotación de los minerales salinos, tierras y piedras o materiales de construcción.

## **1.2. INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN MINERÍA**

### **1.2.1 Maquinaria**

Las innovaciones tecnológicas de las últimas décadas han permitido en todos los sectores industriales y en particular en la minería, mejorar los rendimientos de producción y al mismo tiempo disminuir el riesgo de las operaciones.

El mundo moderno, actualmente está ávido de minerales para cubrir las necesidades del desarrollo social y técnico, la disminución gradual de leyes en los minerales obligan a nuestras industrias a incrementar sus volúmenes del laboreo minero, como sucede con la modernización de la minería mediana que, que realiza inversiones para efectuar cambios del tradicional sistema de explotación por rieles al sistema trackles o minería sin rieles, ó finalmente por la combinación de la explotación tradicional por rieles y la incorporación de camiones y cargadores de bajo perfil. La gran minería incorpora cargadores y camiones de grandes capacidades, en consecuencia el procesamiento se la realiza con trituradores y equipos de molienda que satisfagan las grandes alimentaciones.

### **1.2.2 Software para minería**

De las diferentes revoluciones que ha sufrido la minería en el presente siglo (implantación de máquinas sofisticadas, desarrollo de la economía en escala, etc.), una de las más importantes y de mayor trascendencia ha sido, sin lugar a dudas, la transformación, a principios de los años 80, llevado a cabo como consecuencia del

desarrollo de programas informáticos mineros con la llegada de los ordenadores personales.

Con el paso de los años la industria minera ha desarrollado nuevas herramientas computacionales en las áreas de geología y minería que han ayudado a optimizar los tiempos de trabajos, mejorando el manejo de la información y la presentación de los resultados. Es por esto que las Universidades y sobre todo las carreras relacionadas con la minería, como grandes centros formadores de los futuros profesionales del área minera, deben estar al tanto en la implementación tecnológica de los softwares para dar a los alumnos la formación suficiente, y puedan desenvolverse de la mejor forma posible en el momento de enfrentar la vida laboral.

Con el presente trabajo se pretende una revisión y puesta al día de las diferentes aplicaciones informáticas que se utilizan en las diversas etapas de la explotación minera, desde las primeras fases de exploración y evaluación, hasta el propio diseño de las explotaciones. Así como la introducción al conocimiento, comprensión y funcionamiento de algunos programas de cálculo de volúmenes, taludes y superficies para trabajos mineros.

### **1.3. MERCADO DE SOFTWARE MINEROS**

Diversas alternativas ofrece la industria de los software mineros disponibles en el mercado internacional, desde soluciones orientadas a aplicaciones específicas hasta productos que ofrecen servicios más integrales, que abarcan y controlan diversas áreas del negocio minero.

Todo ello, en aras de una mayor eficiencia, palabra clave en un negocio cada vez más competitivo como es la minería, donde el mayor aprovechamiento de las capacidades y los ahorros tienen un peso importante en el éxito y viabilidad de los proyectos, de ahí la relevancia de los productos orientados a una mejor gestión del

proceso minero, a fin de contar en forma clara y amigable con los datos adecuados y oportunamente para la toma de decisiones.

#### **1.4. PROVEEDORES PRINCIPALES Y OFERTA DE SOLUCIONES**

A continuación se presenta un resumen con algunas de las alternativas principales en el mercado (de la amplia variedad que se tiene) y el resumen de las soluciones que ofrecen.

##### **1.4.1. Softwares Datastream**

Los sistemas EAM (Software para la Gestión de Activos Corporativos) fueron desarrollados originalmente para solucionar los requerimientos de industrias extremadamente intensivos en capital, como es la minería. El mantenimiento es un área importante a considerar en toda industria, ya que representa un porcentaje considerable de los costos (30 % a 35 % en minería). Una de las principales ventajas de esta tecnología tiene que ver con la disponibilidad en tiempo real y gracias al desarrollo de las tecnologías inalámbricas, desde cualquier hora y lugar a una fuente de información histórica sobre los equipos y sistemas, para determinar patrones de falla y mejorar los procedimientos y programas de mantenimiento que incrementen su disponibilidad a un costo cada vez menor.

A su vez cualquier funcionario de una planta minera puede disponer de manuales, planos y documentos en forma automática ahorrando tiempo y recursos considerables. La tecnología Mobile, incluida en la solución Datastream 7i, permite a las empresas mineras tener un acceso remoto y sin limitaciones a todos los datos vitales para administrar el ciclo de vida de sus activos, optimizando el intercambio de información y el flujo de trabajo, lo que constituye un factor clave para mejorar su eficiencia operacional e incrementar las ganancias y retorno de la inversión.

### **1.4.2. Softwares Datamine**

Sin considerar algunas mínimas diferencias existentes entre algunos sectores productivos mineros que se rigen por condiciones muy particulares, todo negocio productivo asociado al área minera está constituido por las siguientes áreas: Proceso productivo-Logística de apoyo al proceso productivo-Finanzas.

Hoy en día los grandes sistemas informáticos están siendo sometidos al mayor y más complejo de los requerimientos que proviene directamente de los profesionales del área minera: soluciones efectivas a todas sus necesidades. El análisis del círculo de planeamiento minero y la solución global propuesta por Datamine (Minería de Datos) comenzó un riguroso análisis del mercado minero, que luego se fundamentó en la mejora continua de toda la línea de productos y en el desarrollo de todas aquellas tecnologías que permitieran cubrir todas las áreas del negocio minero, en cualquiera de sus variantes.

De esta forma, las alternativas propuestas por la compañía para suministrar soluciones efectivas a estos exigentes requerimientos cuentan con todas las características fundamentales para asegurar el éxito del trabajo rápido, eficiente, que considera el riesgo asociado, generando resultados auditables y repetibles a lo largo del tiempo, o en cualquier sitio de la compañía. Entre estos productos destaca el software *Datamine Studio*.

### **1.4.3 Softwares Gemcom**

Las soluciones integradas que desarrolla Gemcom abarcan desde las fases de exploración, evaluación de recursos, diseño de minado, optimización, planeamiento minero y control de leyes de producción, hasta la reconciliación y balance metalúrgico a lo largo de la línea de producción.



La línea de soluciones MPMS (Mine Production Management Solutions) es cuidadosamente diseñada y ajustada a las necesidades reales y futuras de cada uno de los clientes, incluyendo productos específicos como GEMS o Whittle y herramientas de otros proveedores o desarrollos propios de cada empresa. Lo relevante es la integración real de todos los elementos involucrados en la cadena de valor, lo que posibilita una visión global confiable, con los indicadores adecuados que permiten a los ejecutivos tomar decisiones más certeras.

La línea de software de Gemcom y sus diferentes variadas soluciones ofertadas son las siguientes.

- **MPMS:** Solución orientada a la administración y control de los procesos en la cadena de valor productiva de una empresa minera.
- **Prod Track:** Sistema de control de producción y balance metalúrgico a lo largo de la línea de procesos.
- **GEMS:** Suite de herramientas de aplicación a las tareas de una operación minera, que cubren las necesidades de los profesionales en todas las áreas de la ingeniería y geología.
- **GEMS-PCBC:** Suite de herramientas específicas para faenas que utilizan el método Block Caving para su explotación, el PCBC opera bajo ambiente GEMS, y está completamente integrado con el resto de herramientas generales de administración de datos y otras.
- **Whittle:** Sistema para optimización económica y planeamiento estratégico de minado, herramientas para el análisis de sensibilidad, secuenciamiento óptimo, aplicación de algoritmos de Millaza y Lerch y Grossman, son parte de este sistema.

- **EQWin:** Sistema de administración y análisis de datos de medio ambiente.

#### **1.4.4. Softwares Maptek**

El software minero geológico *VULCAN* es uno de los productos principales de Maptek\*<sup>2</sup>, creado en el año 1981, actualmente está disponible en la Versión 4.5.

Entre sus principales características, permite su aplicación a todos los aspectos geológicos y de planificación minera; posee las herramientas necesarias para la creación del diseño, tanto open pit, como para underground, permite el modelamiento de yacimientos metálicos, carboníferos y de metales industriales, y entrega las herramientas para un completo desarrollo topográfico y de geomensura.

El software permite convertir los complejos datos en información visual que se reflejan en la creación de imágenes interactivas y dinámicas en 3D, facilitando su comprensión y entendimiento. Además, puede desarrollar completos estudios de factibilidad y de impacto ambiental.

Otro producto de Maptek es el software I-SiTE, creado en el año 1999, actualmente disponible en el Versión 2.2. Es un paquete combinado de hardware y software. El hardware incluye un dispositivo de rastreo laser, un computador laptop con el control del dispositivo y captura de datos de soporte y una estación de trabajo de alto rendimiento. Combinado con el software Vulcan, el ambiente gráfico representa el sistema completo para cálculo exacto de volúmenes, desplazamiento procesamiento, manejo y manipulación de datos.

Las aplicaciones para el sistema I-SiTE en mapeo, ingeniería de minas y civil incluyen; captura de datos extremadamente rápida, topografía 3D, Open pit, bancos, control de producción, control de cavidades, control de hundimientos, control de

---

\*<sup>2</sup> [www.maptek.com.mx](http://www.maptek.com.mx)

túneles, cálculo de cualquier volumen, mediciones en gran detalle adecuadas para análisis estructural, total detalle de topografía, mediciones volumétricas (planificadas versus ejecutadas, entre otras.

#### 1.4.5. Softwares Mincom

Los principales softwares que ofrece la compañía Mincom, orientados al sector minero son:

- **Mincom MineScape:** Solución que permite la planificación geológica de minas y el modelamiento de depósitos metálicos y de carbón.
- **Mincom Minimarket:** Nació como respuesta a la demanda de la industria minera de tener una herramienta de unificación y funcionalidad de la gestión administrativa y control. Es aplicable en la explotación de minas, fundiciones, refinerías o semi-manufactureros de productos metálicos, y opera con un sistema de módulos que están totalmente integrados con el área financiera. Los módulos de Mincom Minimarket son:
  - a) Minimarket Logistics:** Permite una completa visibilidad y control en la cadena de producción incluyendo procesos específicos.
  - b) Minimarket Quality:** Mide y administra la calidad de todos los productos y subproductos, administrando la información de laboratorio y los procedimientos, asegurando el cumplimiento de normas y estándares de calidad.
  - c) Minimarket Sales Aramis:** Este modulo realiza la confección, ejecución de contratos y administración logística de la comercialización de los productos.

- **Mincom Ellipse:** Solución basada específicamente en la experiencia que Mincom ha logrado en el mundo de las operaciones mineras. Es una solución que permite planificar, administrar y controlar las operaciones en diversas instalaciones, tanto individuales como en una estructura corporativa. Integra operaciones y mantenimiento, materiales, recursos humanos y finanzas.
- **Mincom LinkOne:** Solución líder en la publicación electrónica de partes y manuales operacionales y mantenimiento de equipos.
- **Mincom Axis:** Es un servicio de Business to Business orientado a facilitar la colaboración entre la compañía y los socios comerciales, a través de Marketplace.

#### 1.4.6. Softwares Novell

Novell ofrece un amplio espectro de soluciones que cubren diversas necesidades dentro de una misma empresa. De este modo, se pueden distinguir cuatro áreas de soluciones:

- 1) **Novell Nterprise:** Proporciona servicios básicos de red, tales como archivo, impresión, mensajería, calendario, que se ejecutan en cualquier plataforma y añaden valor en cualquier entorno de conectividad, incluye las recientes ofertas para ambientes Linux. De esta área se desprende una rama de Gestión de Recursos que incluye herramientas y servicios de gestión de redes basados en directorios, permitiendo gestionar el entorno mixto (escritorios, servidores y dispositivos) desde una ubicación central.

- 2) **Novell Nsure:** Brinda un marco seguro de gestión de identidades que permite que las personas accedan a las herramientas y recursos que necesitan en base a sus roles, responsabilidades y relaciones de negocio.
- 3) **Novell exteNd:** Transforma la información aislada en sus aplicaciones cerradas para fines específicos en servicios web flexibles y abiertos.
- 4) **Novell Ngage:** Brinda un servicio completo de consultoría de primera clase, educación y soporte técnico.

#### 1.4.7. Softwares Surpac

Surpac Minex Group tiene una serie de soluciones computacionales para el trabajo geológico minero, entre las cuales se las puede mencionar:

- **Surpac Vision.** Software geológico minero que cubre desde las tareas de exploración hasta la planificación de la mina. Este programa se caracteriza por tener un fácil manejo y gran potencialidad al manejar la información de distintos formatos, además de poder realizar conexiones de trabajos múltiples desde Internet.
- **Minesched:** Software de planificación minera de desarrollo y planificación de la producción desde el corto hasta el largo plazo en minería subterránea y de cielo abierto. Este programa tiene interfaz directa con MS Project y Excel, permitiendo al planificador obtener flexibilidad y un mejor manejo del plan minero al analizar múltiples opciones en un corto tiempo.

- **Tailings:** Es un programa que nos permite simular el llenado de un tranque de relaves, considerando puntos de descarga y diferentes pendientes del depositado. Surpac tiene aplicación en el área geológica minera, específicamente en: Exploración geológica; Estimación de reservas; Diseño en minería open pit y subterránea; Planificación minera; Modelamiento de relaves y Levantamiento topográfico.

#### 1.4.8. Softwares Wenco

Wenco utiliza plataforma PC-Windows para el desarrollo e implementación de sus sistemas de monitoreo, control y despacho de flotas mineras a rajo abierto. Por ser aplicaciones en Windows, las interfaces gráficas de usuario final son muy amigables, de fácil uso y muy rápido aprendizaje. Las aplicaciones corren en cualquier estación de trabajo conectada a la red corporativa y no hay limitaciones en el número de licencias instaladas del software propietario.

Algunos de sus productos son:

- **Monitor Foreman o Monitor de Control:** Monitoreo y despacho de todos los equipos en tiempo real, desplegados en forma gráfica; resumen de estadísticas de tiempo, producción y productividad en tiempo real, edición de registros de eventos mineros recientes, reportes de desempeño de la actividad minera reciente, editor para la configuración de los parámetros de despacho. Esta aplicación está dirigida especialmente a los despachadores, ya que permite ejercer todos los cambios y tiene privilegios de escritura.
- **Monitor observador:** Es básicamente la misma aplicación anterior de Foreman, pero no permite hacer ningún tipo de actualización y como

su nombre lo indica, permite observar en forma gráfica la actividad del turno en curso y a su vez hacer consultas del turno.

- **Servicios de Producción:** Despacho automático de camiones cuando cambian a estado vacío o lleno de acuerdo con la “Configuración de Despacho” establecida por el usuario. Permite enviar y recibir mensajes de control y de texto a los operadores en las unidades, a su respectivo terminal móvil de datos.
- **WencoDB:** Base de datos donde se almacena la información histórica de toda la actividad minera y desde donde se manejan las tablas descriptivas y parámetros, generándose los reportes y consultas. WencoDB opera en Oracle o SQL-Server, según escoja el cliente.
- **MineVision:** Despliegue en forma gráfica y en tiempo real de todos los equipos mineros sobre un mapa a escala de la mina y a su vez visualización del desplazamiento de los camiones en sus respectivas rutas de acarreo según posiciones de GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

A nivel mundial, la gran minería, denominadas así fundamentalmente por explotación de volúmenes grandes, son las que aplican y utilizan la gran variedad de softwares e innegablemente la dedicación por mejorar y lanzar nuevos paquetes genera una competencia muy disputada entre las empresas proveedoras. Diversas son las ventajas que ofrecen a la industria minera las bondades reflejadas en el procesamiento de datos, y fundamentalmente en la visualización en 3D de cuerpos mineralizados, labores realizadas y por demás mencionar la facilidad con la que se pueden obtener volúmenes en cualquier ubicación.

A continuación se presenta un pequeño resumen de los clientes:

Tabla 1.1

EMPRESAS	SOLUCIONES	CLIENTES MINEROS
Datamine Latin America S.A.	Datamine Studio	Anglo American Chile, con sus minas en Mantos Blancos, Mantoverde, Los Bronces y el Soldado; Phelps Dodge, con sus faenas Candelaria y el Abra; Enami; Routh American Gold and Copper; Patagonia Gold; Collahuasi; Codelco Chile en sus Divisiones El Salvador; Codelco Norte, Oficina Central, El Teniente, Proyecto Mansa Mina; Punta del Cobre, BHP Chile, Soquimich, entre otros.
Datastream	Datastream 7i	Empresa Nacional de Minería; Compañía Minera Maricunga; Minera Rayrock; Minera las Cenizas; CMS Tecnología, División Andina Codelco.
Gemcom Software	Línea de soluciones	AngloAmerican, Compañía Minera Vale do Rio Doce
Internacional	MPMS (Mine Production Management Solutions) incluye los productos GEMS y Whittle	Codelco, Barrick, Noranda, CDE Cerro Bayo, El Toqui, Manto de la Luna, BHP Billiton, Placer Dome, Aur resources, Soquimich, Meridian, Antofagasta Minerals, etc.
Maptek	Vulcan 4.5  I-SiTE 2.2.	Minera Collahuasi, Escondida, Codelco Chile en todas sus divisiones, Meridian, Cerro Colorado, Mantos de Oro, Barrick Chile, El Tesoro, los Pelambres, Angol Chile-El Soldado, Rio Tinto Mining & Explorations, Atacama Kozan, carmen de Andacollo
Honeywell	Business Flex Profit controller	Chuquicamata, Escondida, El Abra, Fundición Chagres, Los Bronces, El Soldado y Codelco División El Teniente.
Mincom	MineScape Minemarket Mincom Ellipse	Angloamerican Chile, Noranda Chile, Minera Callahuasi, BHP Billiton, Placer Dome, El Abra y Minera Candelaria, Antofagasta Minerals (Minera los Pelambres y Minera El Tesoro), Codelco.
Surpac Minex Group	Surpac Vision Minesched Tailings	Codelco Norte Proyecto MM, Minera Escondida, SRK Consultores, Golder Associates, Minmetal, Subterra Ingenieros, Compañía Minera Carmen Bajo.



Wenco Internacional Mining Systems	Wenco Foreman Wenco Observador WencoDB Wenco Servicios de Producción MineVision Maintenance Monitor TireMax	Operaciones de oro en Mali, Australia y Kyrgystan; de diamantes en Botsuana, Canadá y Sudáfrica; de hierro en Estados Unidos y Canadá; de bauxita en Surinam y Australia; de uranio en Namibia; de caliza en Estados Unidos; carbón en India, y arenas de petróleo crudo en Canadá.
Novell	Familia de soluciones Novell Nterprise – Novell Nsure Novell exteNd – Novell Ngage	Compañía Minera Mantos de Oro, Empresa Minera de Mantos Blancos; Compañía Minera El Toqui, Ministerio de Minería; Comisión Chilena del Cobre.

### 1.5. APLICACIONES DE SOFTWARES MINEROS EN CAMPOS ESPECÍFICOS

La gran gama de paquetes informáticos, dado el mercado actual de este tipo de programas, no permite una completa descripción de los mismos sin embargo para los fines perseguidos en el presente trabajo, de manera específica se presentará tres grupos de software<sup>\*3</sup>, que nos permitirá establecer las funciones particulares de cada una de ellas en forma referencial ya que el estudio particular de uno de ellos permitirá una profundización en dependencia de la disponibilidad del paquete bajo licencia respectiva.

Para diferenciar las aplicaciones informáticas en la industria minera, los softwares serán agrupados de la siguiente manera:

- 1er. Grupo:** Software para el tratamiento de los datos de sondeos y ubicación de reservas
- 2do. Grupo:** Software para el tratamiento integral de las explotaciones mineras
- 3er. Grupo:** Software para el diseño minero y simulación de operaciones

---

<sup>\*3</sup> Manual de Aplicaciones Informáticas en Minería

### 1.5.1. PARA TRATAMIENTO DE DATOS DE SONDEOS Y CUBICACIÓN DE RESERVAS

Como introducción de éste Capítulo, presentamos el resumen siguiente: Una de las características de este primer grupo de softwares, es que el costo de los paquetes es relativamente de “bajo costo”, porque se tratan de programas cuyo precio no es muy alto, comparados con los del segundo grupo. El primero de los programas, *Geoeas*, está dedicado al estudio Geoestadísticos en dos dimensiones. El *Rockworks 99* es un conjunto de utilidades de carácter geológico con un grupo de módulos específicamente diseñados para el manejo de los datos de sondeos y la estimación de las reservas de un yacimiento. El tercer programa de éste capítulo es el *Exploration Office*, creado para el tratamiento de los sondeos y para la creación de mapas.

Los últimos programas *SectCad* y *BlkCad*, van destinados preferentemente, a la estimación de un yacimiento por los métodos de los perfiles y el inverso de la distancia, respectivamente.

Los programas comprendidos en éste primer Capítulo tienen un mercado potencial en las explotaciones mineras pequeñas y medianas, cuyas necesidades en este tema no son excesivas y además, frecuentemente no suelen estar dispuestas a realizar grandes inversiones en aplicaciones informáticas de carácter minero, con mayor razón en nuestro medio.

#### 1.5.1.1. Software GEOEAS

El Software *Geoeas*<sup>\*4</sup> (Geostatistical Environmental Assesment Software) es, probablemente, el software de dominio público más difundido en cuanto a tratamiento Geoestadísticos se refiere, siendo perfectamente utilizable por las prestaciones que

---

<sup>\*4</sup>[www-sst.unit.ch/ftp/geoeas.zip](http://www-sst.unit.ch/ftp/geoeas.zip)

ofrece. Lo distribuye la Environmental Protection Agency de Estados Unidos y básicamente, se centra en el estudio estadístico y Geoestadísticos en dos dimensiones. Este último aspecto, en ocasiones, puede ser problemático (cuando se desea llevar a cabo un estudio tridimensional), existiendo para ello una doble solución: por un lado, se puede acudir a otros programas, también de dominio público, que si poseen esa opción (como puede ser, por ejemplo, el Geostatistical Toolbox) o bien dividir el yacimiento en un conjunto de bancos horizontales y realizar el estudio individualmente en cada uno de ellos.

Existe en la actualidad diversas fuentes para la obtención del programa, una de ellas es vía Internet, dado su carácter de software de dominio público, es decir, se puede copiar y distribuir libremente. Finalmente, en cuanto a características técnicas se refiere, comentar que está escrito en Fortran 77 y que, dada su antigüedad, los requerimientos de hardware son mínimos: procesador 286 con 1 Mb de RAM, pudiendo funcionar sólo con el sistema operativo MS-DOS.

#### **1.5.1.2. Software ROCKWORKS99**

EL programa Rockworks99<sup>\*5</sup> se encuentra entre las nuevas herramientas informáticas aplicadas a la Geología, con un conjunto de opciones que permite, entre otras, crear columnas, ubicar yacimientos o hacer estudios hidrogeológicos. Desde finales de la década de los ochenta, la empresa Rockware ha lanzado al mercado diversas versiones de su programa *Rockworks*, cuyas aplicaciones van directamente enfocadas a la Geología en sentido amplio (Recursos Minerales, Hidrogeología, etc.). en los primeros años, las versiones del programa, que estaba diseñado para funcionar con el sistema operativo MS-DOS, incluían una serie de módulos que permitían, por ejemplo, construir columnas, digitalizar datos, ubicar yacimientos, construir modelos en 3D, analizar estadísticamente, de una forma sencilla, un conjunto de datos, etc.

---

<sup>\*5</sup> [www.rockware.com](http://www.rockware.com)

A finales de 1998, la citada empresa sacó al mercado la última versión de este programa, *Rockworks98*, que, enfocado al entorno Windows (95/98/NT), actualizaba las versiones anteriores en un entorno más amigable. Por último, recientemente está disponible la última versión, *Rockworks99*, aunque, como sucede siempre en estos casos, la diferencia entre ambas versiones no es excesivamente grande. El enfoque principal de este capítulo dedicado al *Rockworks 99* es, como es lógico, revisar las aplicaciones que los diferentes módulos del programa presentan desde el punto de vista de la representación de datos geológicos (columnas, sondeos, etc.) y la estimación o cubicación de las reservas de un yacimiento.

Para finalizar el breve resumen, el requerimiento básico es poseer Windows 95/98/NT, no citándose, en ningún momento (ni en la hoja web ni en las instrucciones originales del programa) los requerimientos mínimos del hardware, aunque es de suponer que un procesador Pentium y 16 Mb deben de ser imprescindibles, especialmente cuando se trabaja con opciones de carácter gráfico.

#### **1.5.1.3. Software EXPLORATION OFFICE**

Los programas informáticos de carácter minero (Surpac, Gemcom, Datamine, Micromine, Lynx, etc.) han ido sufriendo, en los últimos años, toda una serie de transformaciones que obedecen, básicamente, a dos razones; por un lado la necesaria e imprescindible adaptación a los nuevos entornos de trabajo (Windows 95/98) y, por otra parte, la creciente competencia entre las diferentes empresas creadoras de este tipo de software. Este último aspecto, si bien no se ha plasmado en una fuerte reducción de los precios, que siguen siendo, en muchos casos muy altos, sí ha traído consigo un mayor esfuerzo por crear nuevos programas, cada vez más fáciles de utilizar y con un mayor número de prestaciones.

En esta línea de creación de programas con aplicaciones mineras diversas, la empresa que comercializa el programa Datamine (*Mineral Industries Computing Limited*), durante años líder en este mercado informático, ha creado una nueva gama de productos complementarios, denominada *Earthworks*, que incluye una serie de

programas independientes cuyas aplicaciones cubren desde la creación de logs o columnas de sondeos hasta la optimización de explotaciones mineras. Todo ello con el objetivo, lógicamente, de que actúen interactivamente con el programa principal del grupo, líneas arriba citado Datamine.

El conjunto de programas *Exploration Office*<sup>\*6</sup>, uno de los paquetes informáticos de la gama citada anteriormente, se encuentra entre las nuevas herramientas aplicadas a la creación de columnas estratigráficas y/o sondeos, su visualización en dos y tres dimensiones, así como el tratamiento de datos para la obtención de mapas, interpolación y presentación de muy diversas formas (colores, sombreados de relieves, etc.)

*Earthworks Exploration Office* consta de tres programas, *Downhole Explorer*, *Terrain* y *ViewPoint*, que necesitan para su funcionamiento, poseer Windows 95/98 o NT. Teóricamente es suficiente un preprocesador Pentium con al menos 16 Mb de RAM y CD-ROM. A continuación se hace una descripción resumida de los tres programas citados.

#### **1.5.1.3.1. Software DOWNHOLE EXPLORER**

Este programa *Downhole Explorer*<sup>\*7</sup>, el primero de los tres que constituyen *Exploration Office* y el más completo, aunque también el más caro, permite entre otros realizar los siguientes procesos:

- Importar archivos de bases de datos de sondeos con muy diferente origen: archivos de texto, tablas SQL/ODBC u hojas de cálculo.
- Verificar (comprobar la existencia de posibles errores en la base de datos), combinar y procesar los datos importados.

---

<sup>\*6</sup> [www.datamine.co.uk](http://www.datamine.co.uk)

<sup>\*7</sup> Idem.

- Ver gráficamente los logs de los sondeos o columnas en planta, sección o cualquier posición tridimensional. También es posible ver la misma sección desde diferentes perspectivas.
- Combinar cualquier tipo de presentación: texto, gráficos lineales, histogramas, con diferentes colores y tramas, pudiendo en cualquier momento, cambiar la escala de presentación.
- Llevar a cabo la regularización de los sondeos (composites) en las tablas, secciones, logs o en tres dimensiones.
- Seleccionar las zonas de intersección de la mineralización, observarlas y exportarlas.
- Importar otros objetos en 3D a partir de tipos de archivos de muy diferente procedencia (por ejemplo CAD) utilizando los *Data Source Drivers*.

#### **1.5.1.3.2. Software TERRAIN**

Éste segundo programa que incluye *Exploration Office*, tiene por objetivo la creación de mapas a partir de un conjunto de puntos y su posterior tratamiento en forma de mapas de sombras del relieve, colores, etc.

Las imágenes creadas pueden utilizarse en otras aplicaciones, por lo que se pueden crear fácilmente, por ejemplo con Power Point, presentaciones que incluyan los dibujos obtenidos con este programa.

El punto de inicio de Tarrain<sup>\*8</sup> es la importación de datos con la que se va a trabajar. Esto se realiza con las opciones Data, Import y Text, pudiendo ser el archivo, sencillamente una base de datos con las correspondientes coordenadas X, Y y Z, escrito en ASCII.

---

<sup>\*8</sup> [www.datamine.co.uk](http://www.datamine.co.uk)

#### **1.5.1.3.3. Software VIEWPOINT**

Este programa es el tercero que incluye *Exploration Office*, permite visualizar sondeos, superficies o cualquier otro objeto en tres dimensiones, para rotarlos o aplicarles el zoom. También se pueden combinar los datos de exploración con otros objetos como superficies o modelos generados con otras aplicaciones informáticas como el Autocad. Al igual que en *Terrain*, las imágenes en 3D pueden ser copiadas e incluidas en programas, de presentación como el anteriormente citado *Power Point*.

#### **1.5.1.3.4. Software SECTCAD Y BLKCAD**

Los programas SectCad y BlkCad, creados por la empresa Systèmes Geostat International Inc., constituyen un conjunto de aplicaciones informáticas que tienen por objetivo el tratamiento de datos de sondeos y la estimación de las reservas del yacimiento, bien por el método de las secciones o perfiles (SectCad) o bien por el método de las matrices de bloques (BlkCad).

Al igual que los anteriormente comentados Rockworks 99 y Exploration Office, son programas de costo relativamente bajo, por lo que se pueden considerar como una opción interesante tanto para la representación y visualización de sondeos como para la cubicación de las reservas del yacimiento de una manera rápida y sencilla. Los requerimientos técnicos para su funcionamiento no son excesivos, siendo suficiente un procesador Pentium y 16 Mb de RAM, así como el sistema operativo Windows 95/98/NT. A continuación se presenta un resumen sencillo de los programas que ofrece la empresa.

#### **1.5.1.3.5. Software SETCAD**

Programa para la visualización de los sondeos, comienza con la incorporación de la base de datos con la que se va a trabajar. Este se introduce en el File y Open

seleccionando el archivo correspondiente, una vez realizado este proceso, se puede ver en pantalla una visión global de todo el conjunto de sondeos estudiados.

Cada uno de los sondeos que aparecen en el bloque diagrama, comienza con un círculo y finaliza con un triángulo, que representan el emboquille y la finalización del sondeo realizado. También en la parte inferior derecho se muestran los tres ejes del espacio X, Y y Z, dispuestos en función de la posición del observador. Por último, en la zona superior izquierda, justo encima del dibujo, aparece un pequeño menú denominado Section. La definición de las características para cada sondeo, entrando en Options y Settings se despliega un completo conjunto de carpetas (Search, Tables, Database, Status, Variables, Unit System, etc.) que permite configurar la representación y posterior tratamiento, de todos los datos y características asociadas a cada sondeo.

#### **1.5.1.3.6. Software BLKCAD**

Como se ha mencionado al principio, el programa Blkcad tiene por objeto calcular las reservas de un yacimiento, utilizando como método de estimación, el inverso de la distancia, para definir una matriz de bloques cuyo sumatorio constituye las citadas reservas del depósito. Así pues, desde el punto de vista de una rápida visión de esta aplicación informática y procurando no repetir algunos aspectos ya comentados en el SectCad, pues no se debe olvidar que se trata de dos productos de la misma empresa, se pueden considerar los siguientes puntos o apartados.

- a) Incorporación de la superficie topográfica
- b) Construcción del modelo de bloques
- c) Clasificación de las reservas.

Una vez que se tiene en pantalla los sondeos realizados, con sus correspondientes *composites* y *envelopes* (un *envelope* se define como el límite de la mineralización para un banco determinado), el siguiente paso lo constituye la incorporación al



modelo de la superficie topográfica más cualquier otra superficie que tenga una importancia relevante para la definición del yacimiento (en este caso se van a incorporar la superficie topográfica y una superficie correspondiente al contacto entre el recubrimiento y la zona mineralizada). Para ello, se entra en *Import y Surface Set*, se introduce el nombre del archivo que contiene la superficie y se establecen los campos y su longitud, que permiten interpretar los valores de X, Y y Z en el archivo importado. En ese momento la superficie queda incorporada al bloque diagrama y como quiera que dicha superficie puede impedir ver el resto de la información incluida en el modelo, el programa posee una opción que permite hacer transparente, en un porcentaje elegido por el usuario, la citada superficie.

La construcción del modelo de bloques, así como los demás parámetros necesarios para establecer correctamente la estimación, se configuran en la opción *Estimation* del menú general. En primer lugar se elige *Setup Block Model*, introduciendo a continuación el tamaño de la matriz de bloques, definiendo las coordenadas del origen, el tamaño de los bloques y su número en las tres direcciones del espacio (X, Y, Z), representado a través de las coordenadas iniciales y finales.

También es posible realizar un proceso de clasificación de las reservas calculadas basándose en unas distancias de búsqueda. Para ello, se entra en *Estimation y Classification Setup* se establece el número de elipsoides deseados y sus tamaños correspondientes. Por ejemplo, si se desea separar las reservas en medidas, indicadas e inferidas, se crean tres elipsoides con tamaños progresivamente mayores. Una vez establecidos los límites, se selecciona *Classify Blocks* y el programa realiza el proceso de clasificación.

Finalmente y desde el punto de vista de la observación de los resultados en forma de texto, tanto si se ha realizado el proceso de clasificación como si no se ha llevado a cabo, las reservas pueden guardarse en un archivo en formato ASCII, que permite posteriormente su visualización con un gran número de programas, entrando en la

opción *Export*, Como es lógico, la presentación de los datos es similar a la ya comentada para el programa *SEctCad*.

### **1.5.2. PARA TRATAMIENTO INTEGRAL DE LAS EXPLOTACIONES MINERAS**

En esta parte se incluye uno de los conceptos más importantes, el tratamiento integral de las explotaciones mineras, que permite en gran parte llevar a cabo los procesos involucrados en la explotación minera; investigación, evaluación y explotación. Las características distintivas de este tipo de programas son:

- Manejo de gran cantidad de ficheros, lo que, en ocasiones dificulta el trabajo del día a día.
- Gran complejidad, que hace muchas veces imprescindible el realizar los cursos de aprendizaje propuestos por la empresa suministradora del software, con el costo suplementario que esto supone.
- Desarrollo continuo de nuevas versiones, lo que produce que cuando el usuario se ha acostumbrado a una versión tiene que empezar a conocer los cambios presentes en la siguiente versión.
- Extensión de ayudas *on line* a través del teléfono fax o últimamente correo electrónico.
- Presencia de publicaciones, normalmente trimestrales, por parte de la empresa en la que se comunican los nuevos avances, comentarios técnicos, etc.

Desde el punto de vista del desarrollo de este segundo grupo, se comienza con los programas *Sermine* y *Surpac 2000*, que cumplen en general la mayor parte de las características anteriormente comentadas, posteriormente *Whittle Four X* y *MaxiPitNPVScheduler*, que constituyen las dos aplicaciones informáticas más importantes para la optimización económica de las explotaciones mineras, y en la parte final del grupo se hace una descripción del programa *Amap*, como ejemplo de aplicación informática dedicada exclusivamente a los temas medioambientales.

### 1.5.2.1. Software SERMINE

Programa desarrolla por COGEMA<sup>\*9</sup>, en principio para sus necesidades internas en la exploración e investigación de minerales de uranio, así como para aplicaciones mineras diversas, principalmente en la estimación de recursos.

SERMINE integra una completa sucesión de módulos, que cubren desde la adquisición de datos (sondeos principalmente), hasta las más avanzadas estimaciones geoestadísticas. Este aspecto destaca sobre otros programas, por la gran cantidad de opciones para evaluación y la rapidez de los cálculos. Incluye la estimación de recursos recuperables mediante geoestadística no lineal, con la aplicación de la anamorfosis gaussiana para la distribución de leyes o las simulaciones condicionantes.

Los diferentes módulos pueden agruparse en varios capítulos según la función de los mismos:

- Incorporación de datos.
- Gestión de ficheros.
- Preparación y transformación de ficheros.
- Manipulación y tratamiento de datos de mallas y redes.
- Estadística.
- Estimación por geoestadística lineal
- Estimación por geoestadística no lineal.

El programa puede instalarse tanto en ordenadores compatibles, bajo Windows, como en diversas plataformas, con salidas a las principales impresoras o plateadores. El sistema es bastante amigable, estando los diferentes módulos perfectamente integrados y relacionados, como en la mayor parte de programas de este tipo, permite la grabación de macros para agilizar la realización de procesos reiterativos o para encadenar la ejecución de diversos módulos.

---

<sup>\*9</sup> [www.cogema.fr](http://www.cogema.fr)

Los programas y sus capítulos más usuales son:

- ❖ Programas de adquisición de datos (Donlog, Impacts, Grille)
- ❖ Programas de gestión y manipulación de ficheros (Blets y Gere)
- ❖ Programas de preparación y transformación de ficheros de sondeos (Utilog, Accus)
- ❖ Programas de desarrollo gráfico de ficheros de sondeos y tratamiento de datos (Plan, Plots, Starlog)
- ❖ Programas de manipulación y tratamiento de datos de redes y mallas 3D (Unitec, Lognec, Selnec)
- ❖ Programas de estadística sobre ficheros (Stats)

#### **1.5.2.2. Software SURPAC 2000**

La compañía australiana Surpac Software Internacional (S.S.I.)\*<sup>10</sup> creada en 1982, está especializada en programas informáticos para geología y minería, que cubren gran parte de las etapas de exploración e investigación geológica, explotación mineral e incluso, restauración y medio ambiente, la sede central de la compañía se encuentra en Perth y posee diversas sucursales y agentes en muchos países, principalmente en Europa y America.

El programa más conocido que comercializa es SURPAC 2000, utilizado para el desarrollo de recursos mineros para profesionales de la geología, minería y topografía. Otros programas que comercializa S.S.I. son SCHEDULER para planificación minera a cielo abierto, XPLORPAC para trabajos de exploración, DRILLPAD para control de la perforación de sondeos y barrenos de voladuras, ENTEC con aplicaciones para la industria medioambiental etc. Todos los programas corren sobre WINDOWS, así como sobre diversas plataformas UNIX.

---

\*<sup>10</sup> [www.surpac.com](http://www.surpac.com)

### 1.5.2.3. Software WHITTLE FOUR - X

La compañía australiana con sede en Melbourne Whittle Programming Pty. Ltda.\*<sup>11</sup>, ha desarrollado un software específico sobre planificación estratégica para la industria minera, siendo probablemente la única compañía en el mundo dedicada exclusivamente a ello. Sus programas (*Whittle Three-D*, *Whittle Tour-D* y *Whittle Tour-X*, principalmente) están cada vez más difundidos en el sector minero. Los programas que actualmente comercializa esta compañía son: *Three-D*, *Tour-X* y *Opti-Cut*, aunque continúa desarrollando nuevos productos y servicios. Todos ellos corren sobre ordenadores compatibles PC y una amplia gama de estaciones UNIX. *Whittle Tour-X* ha sustituido recientemente a *Four-D*, el más conocido en el sector minero.

El programa THREE-D fue el primero desarrollado y utilizado por las compañías mineras. Mediante el algoritmo de *Lerchs Grossmann* localiza en 3 dimensiones los bloques que deben arrancarse en una explotación a cielo abierto, para maximizar el *cash-flow* no descontado. Por esta razón, sólo se debe utilizar en explotaciones con vida inferior a 3 años, a partir de este período, el descuento de los futuros *cash-flow* comienza a afectar al último diseño creado (el correspondiente al mayor V.A.N.)

Tour-X permite prever y analizar el hueco óptimo para el proyecto, con vida superior a 2 ó 3 años. Existe una versión para un solo elemento y otra multielemento, que permite manejar hasta 10 de ellos. Usando toda la información recogida en las etapas de exploración e investigación minera, y todos los posibles escenarios económicos el programa proporciona los contornos de hasta cien diseños anidados, cada uno con un rango de proyección económica posible, asimismo ofrece, información detallada del tonelaje recuperado, leyes, relación B(C, *cash-flow* y *cash-flow* descontado (término de reciente aplicación en la evaluación de proyectos).

---

\*<sup>11</sup> [www.whittle.com.au](http://www.whittle.com.au)

Por sus características puede utilizarse para la realización de proyectos mineros, estudios de viabilidad, análisis de sensibilidad y riesgo, así como planificación. El programa trabaja sobre un modelo de bloques regulares del yacimiento, éste contendrá un número indeterminado de bloques, representando la sustancia mineral, el material estéril y el aire. Aplicando diversos factores económicos y mineros, y reoptimizando para cada uno de ellos, producirá un conjunto de diseños anidados, que podrán servir de guía para la operación minera, pudiendo simularse la secuencia de explotación.

#### **1.5.2.4. Software MAXIPIT Y NPVSCHEDULER**

El desarrollo de explotaciones a cielo abierto de gran tamaño, cada vez más necesario debido a la economía de escala, hace que sea imprescindible una correcta evaluación de todos los parámetros económicos que conforman la viabilidad del proyecto minero. Definir el diseño final de la explotación a cielo abierto, basándose en los citados parámetros económicos, era hasta la llegada de los ordenadores a mediados de los años ochenta, un aspecto que sólo tenía su correcta definición en la teoría (método del cono flotante o el algoritmo de *Ierchs-Grossmann*), pues su aplicación a la realidad llevaba consigo tal cantidad de cálculos numéricos que hacía imposible su implementación en las explotaciones mineras.

El mercado tan competitivo de software mineros, si bien no ha traído consigo una fuerte reducción de los precios, que siguen muy altos, sí ha generado un mayor esfuerzo por crear programas cada vez más fáciles de utilizar con un mayor número de prestaciones, así como su adaptación a los nuevos entornos de trabajo. En esta línea de creación de programas para la optimización de explotaciones a cielo abierto, la empresa que comercializa *datamine (Mineral Industries Computing Limited)* ha sacado al mercado *Maxipit* y *NPVScheduler*, para competir, básicamente, con el anteriormente citado *Whittle*. A continuación se comenta las principales características básicas, aplicaciones y objetivos del *Maxipit*.

#### 1.5.2.4.1. Software MAXIPIT

*Maxipit* necesita, para su correcto funcionamiento, los mismos requerimientos que para *Exploration Office* descrito en el capítulo correspondiente, siendo una característica principal la disposición de tutoriales muy buenos, que permiten hacerse una idea, en un corto espacio de tiempo.

Cómo en todo programa, la base de datos que constituye el punto de partida del programa debe estar formada por el modelo de bloques del yacimiento, obtenido por cualquiera de los métodos posibles (clásicos o geoestadísticos). Este modelo de bloques, como mínimo debe incluir las leyes y tonelajes de aquellos. Estos datos junto con los correspondientes al precio del producto (por ejemplo; metal). Costos mineros y del procesado de la materia prima, permiten al programa llevar a cabo:

- Una evaluación de los valores de los bloques definidos.
- Definir la corta final utilizando el método de *Lerchs-Grossmann*.
- Generar una secuencia de cortas anidadas (fases)
- Crear una secuencia de extracción bloque a bloque optimizando el Valor Actual Neto.
- Generar la correcta secuencia de desarrollo de las fases anteriormente citadas.

#### 1.5.2.5. Software AMAP

AMAP ( *Ateliers de modélisation pour l' aménagement du paysage* )<sup>\*12</sup> fue, muy probablemente, el primer programa que apareció en 1991, para el modelado de la vegetación y el paisaje. El programa ha sido desarrollado por el CIRAD, iniciales correspondientes al *Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agroinómique pour le Développement*, y se comercializa y distribuye por la compañía JMC Graphics, que completa el soporte gráfico del mismo.

---

<sup>\*12</sup> [www.cirad.fr](http://www.cirad.fr)

Este programa puede ser de gran ayuda a los proyectos de restauración de minas, canteras o escombreras, así como evaluaciones del impacto ambiental o estudios medioambientales, al poder modelizar el paisaje teniendo en cuenta el espacio y el tiempo, dos condiciones difíciles o muy costosas de ilustrar gráficamente. Los progresos informáticos en el tratamiento de imágenes y el desarrollo de la biología vegetal han permitido simular estos factores fundamentales del paisaje de manera virtual y a gran escala.

### **1.5.3. PARA EL DISEÑO MINERO Y SIMULACIÓN DE OPERACIONES**

#### **1.5.3.1. Software TRANSMIN 2.0**

Debido a que tanto la inversión como los costos de las unidades de transporte (volquetes) suponen la partida más importante en cualquier explotación minera, se debe prestar especial atención al estudio del transporte eligiendo correctamente la capacidad de los volquetes y el número de unidades necesarias, a partir de la producción prevista y de las condiciones de operación, sin olvidar que las condiciones de rodadura constituyen uno de los factores más importantes que está íntimamente relacionado con el rendimiento de las máquinas.

El cálculo manual de los tiempos de transporte a lo largo de un perfil constituye un trabajo repetitivo y tedioso y no exento de una componente subjetiva, como es la elección de los denominados factores de velocidad, con los cuales se reducen las velocidades máximas teóricas a las velocidades medias probables, teniendo en cuenta si el volquete inicia su trayecto desde el punto de arranque o se encuentra ya en movimiento. Por ello, el software TRANSMIN 2.0<sup>\*13</sup> sirve de herramienta a los profesionales dedicados a las explotaciones mineras, obteniendo unas cifras de tiempos de ciclo más próximas a la realidad, evitándose todos esos cálculos manuales e imprecisiones.

---

<sup>\*13</sup> Manual de Aplicaciones Informáticas en Minería, pág. 332



El programa consta de dos partes diferenciadas: una base de datos de volquetes con todas sus características principales, y la simulación de transporte propiamente dicha. Las aplicaciones más importantes del programa con las que se van a encontrar los profesionales son:

- Cálculo de tiempos de ciclo y por tanto, rendimientos horarios de cada unidad de transporte.
- Comparación de volquetes de igual capacidad y de distintos fabricantes.
- Selección de la capacidad de volquete más adecuada y número de unidades.
- Elección de un perfil de transporte entre distintas alternativas para una operación minera.
- Comparación de un mismo perfil de transporte con diferentes condiciones de rodadura.

Con respecto a su funcionamiento, el programa tiene unos ciertos requerimientos mínimos de *software* y de *hardware*. En cuanto al software, debe ser *Windows 95* o superior, *Windows NT 4.0* o superior. *TRASMIN 2.0* es una aplicación de 32 bits y por tanto, el sistema operativo bajo el que corra el programa debe estar acorde con esta característica.

En cuanto al *hardware*, las limitaciones serán las propias del sistema operativo bajo el que se esté trabajando, ya que el programa no requiere de un hardware fuera de lo normal, así una configuración mínima sería: procesador Pentium 100 MHz, memoria RAM 16 MB, lector de CD ROM.

#### **1.5.3.2. Software TALUDMIN**

Actualmente, debido al número tan importante de explotaciones y de obras civiles que se realizan, es necesario realizar interpretaciones a partir de las características

de los macizos rocosos, bien para definir los sistemas de excavación, o bien para evaluar las necesidades de sostenimiento, modificaciones del diseño, etc.

Por esta razón, el uso de las clasificaciones geomecánicas se hace cada día un elemento más importante a la hora de estudiar un macizo rocoso.

*TALUDMIN*<sup>\*14</sup>, es una herramienta informática que permite evaluar los diferentes parámetros geomecánicos que intervienen en las clasificaciones de macizos rocosos como son el RMR (*Rock Mass Rating*) propuesto por Beniaowski en 1979 y el SMR (*Stope Mass Rating*) definido por Romana en 1985 y 1997. Estas dos clasificaciones reconocidas a nivel mundial, presentan una gran compatibilidad, ya que mientras la primera evalúa la calidad de un macizo rocoso, la segunda toma de partida ese dato y calcula la calidad de los taludes existentes en el mismo teniendo en cuenta factores tan importantes como los métodos utilizados para la excavación o la disposición de las discontinuidades con respecto a la cara del talud.

### **1.5.3.3. Software SWEDGE**

En el diseño de cualquier excavación a cielo abierto en macizos rocosos, en los que la rotura a través de la masa no es factible, es fundamental conocer las distintas familias de discontinuidades para poder definir con ellas los posibles bloques y cuñas inestables.

Una vez que se han determinado las familias de discontinuidades, representadas por sus polos medios y círculos máximos, se puede analizar la estabilidad de las cuñas formadas en los diferentes taludes mediante el programa informático SWEDGE<sup>\*15</sup>, el cuál de forma sencilla e interactiva analiza en 3D la geometría y estabilidad de cuñas frente al deslizamiento traslacional.

---

<sup>\*14</sup> Manual de Aplicaciones Informáticas, pág. 343

<sup>\*15</sup> Idem., pág.369

El programa ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Rocas de la Universidad de Toronto, utilizando en el cálculo el método de estabilidad descrito en el libro *Rock Slope Engineering* de E. Hoek & J. W. Bray.

Este programa calcula el factor de seguridad de cuñas definidas por dos planos de discontinuidad, la superficie del talud y la superficie de la plataforma superior del talud, y por una grieta de tracción si existe, permitiendo definir como elementos de sujeción únicamente bulones puntuales. Existe además, la posibilidad de introducir en el cálculo grietas de tracción, pero el programa no puede calcular roturas circulares o por vuelco. Las cuñas se definen por dos o tres discontinuidades estructurales y por la superficie del talud, pudiéndose visualizar en tres dimensiones y obteniéndose el factor de seguridad frente a la rotura.

El análisis de estabilidad se basa en la hipótesis de que las cuñas están únicamente sujetas a la acción de la gravedad y por consiguiente, no se tiene en consideración el campo de tensiones en la roca circundante a la excavación, lo cual conduce a alguna inexactitud en el cálculo.

Las limitaciones más importantes que presenta el programa, y que deben ser tomadas en cuenta a la hora de interpretar los resultados, principalmente son las siguientes:

- El análisis es válido para caída de cuñas en excavaciones construidas en roca dura, donde las discontinuidades son persistentes. Asimismo, se considera que los desplazamientos tienen lugar en las discontinuidades que las cuñas se mueven como bloques rígidos sin deformación interna y sin agrietamiento.
- Las superficies de las discontinuidades se suponen como perfectamente planas.

#### 1.5.3.4. Software SLIDE

Para el cálculo de estabilidad de taludes en suelos, existe la posibilidad de emplear el programa SLIDE, desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Rocas de la Universidad de Toronto (Canadá). Este programa informático aplica el Método del Equilibrio Límite, basado exclusivamente en las leyes de la estática, para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable.

Asimismo, permite calcular el grado de seguridad de un talud a través del Factor de Seguridad, definido como la relación existente entre la resistencia al corte y la resistencia necesaria para mantener el equilibrio límite de la masa deslizante en la superficie de deslizamiento, empleando para ello dos métodos de análisis:

- Análisis de Bishop Simplificado (basado en el equilibrio de momentos).
- Análisis de Janbu Simplificado (se basa en consideraciones sobre el equilibrio de fuerzas).

Para ambos métodos de análisis, se asume que las superficies de rotura son de tipo circular.

El programa consta de tres módulos básicos: el primero de ellos, *model*, permite definir la geometría del terreno, las propiedades de los materiales, así como los parámetros de control para el análisis de estabilidad. El segundo módulo, *compute*, es el que realiza los cálculos de estabilidad. Finalmente, el tercer componente, *interpret*, visualiza los resultados del análisis.

El resumen presentado, no significa la totalidad de opciones para los diversos procesos del quehacer minero, dada la infinidad de empresas a nivel mundial, que se encuentran en permanente competencia para dar soluciones a los diversos problemas que a diario enfrenta la industria minera. Sin embargo para los fines del

presente trabajo, la presentación resumida de los programas informáticas, tal vez, más representativos, permitirá un conocimiento breve de las bondades y sobre todo de sus aplicaciones, para la adquisición y aplicación (en función de las posibilidades económicas) en un determinado proyecto minero.

Al finalizar el Capítulo I, con la información proporcionada se pretende una revisión y puesta al día de las diferentes aplicaciones informáticas que se utilizan en las diversas etapas de la explotación minera, desde las primeras fases de exploración y evaluación, hasta el propio diseño de las explotaciones.

## II. SELECCIÓN DEL SOFTWARE

### 2.1. Consideraciones generales

La disponibilidad de programas adquiridos de proveedores sin representación directa de las empresas creadoras de las mismas, es decir sin *Licencia* respectiva, no contribuirá a los objetivos del trabajo de investigación propuesto. Los programas adquiridos por la Carrera de Ingeniería de Minas, “de segundos proveedores” y entregados para ser estudiados fueron; *RockWorks 99*, *Datamine Studio 3* y *Geo Studio 2004*, las mismas y en la finalidad de ser estudiados, si bien es cierto que se efectuaron las instalaciones respectivas, durante la etapa de indagar y conocer los diferentes íconos, alguno de los mismos no se habilitaron, con la consiguiente paralización al no “correr” el programa respectivo, de la misma manera se procedió con el programa *Gemcom*, con similares características que las anteriormente indicadas.

Por tales circunstancias, es de prioridad la obtención bajo *LICENCIA respectiva*, de un determinado *software minero*, para la incursión no sólo del investigador, sino de la carrera en su conjunto, en el campo de la informática minera acorde a la exigencia de los tiempos actuales, donde la creciente industria de nuestro medio como los emprendimientos de la Minera San Cristóbal, la explotación del hierro por la Hindú Jindal, el Proyecto Corocoro, etc., demandarán profesionales que interactúen con paquetes informáticos como los descritos en el capítulo I respectivamente.

Sin la intención de justificar el presente trabajo, es muy importante reiterar la urgente necesidad de adquisición de uno o varios paquetes que permitan en definitiva ubicarnos dentro el contexto de universidades y empresas competitivas en aplicaciones cibernéticas.

Por lo expuesto y en aras de la continuidad del conocimiento de software mineros especializados y la consiguiente formación de los educandos en este moderno

campo de aplicación y por razones de ausencia del investigador que es de conocimiento general, el presente trabajo debe continuar con un simple objetivo, estudiar él o los softwares que se adquirieran de manera detallada para que en forma paralela se transmita a través de cursos programados a toda la comunidad de la Carrera de Ingeniería de Minas.

La existencia de la gran variedad de paquetes computacionales, que permiten en las diferentes etapas de un emprendimiento minero o en forma general a la industria minera: ***simplificar y agilizar el procesamiento de datos de campo, efectuar la evaluación económica financiera, realizar el diseño y planificación del método o sistema de explotación, etc.***, para fines sobre todo explicativos del presente Estudio, a continuación se efectuará una breve descripción del **Software SHERPA**, que nos permitirá tener una apreciación técnica de las bondades de un software muy valioso en la determinación de costos de operación y la determinación de las inversiones, y otras características muy versátiles del software. En el capítulo correspondiente a Anexos se presentará resultados del programa correspondientes a una empresa minera denominada “*Chalchalera*”.

## **2.2. PROGRAMA SHERPA**

### **2.2.1. Introducción**

La empresa norteamericana Aventurine Mine Cost Engineering, es la distribuidora de este programa, como también de otras relacionadas a la estimación de los costos mineros. Como toda adquisición cibernética, el funcionamiento de la aplicación correspondiente a la versión de 1998 baso el Sistema Operativo D.O.S, requiere la previa contratación de una licencia de usos, que se traduce en la instalación de un dispositivo específico (“Llave”) que también entrega la distribuidora, sin el cual no puede arrancar. Existen dos variantes del programa, una para minería a cielo abierto y otra para minería subterránea. Ambas versiones tienen en común la mayor parte del procedimiento, por lo que describiendo una de ellas, se tendrá una idea bastante

aproximada de la otra, si bien, la mayor complejidad que presenta la minería subterránea, cuyos métodos de explotación son (en cantidad y parámetros) mucho más diversos que los de superficie, hace que este último sea el programa más utilizado con gran diferencia sobre el de minería subterránea.

Por este motivo, se detallarán datos y resultados obtenidos en el de minería a cielo abierto, sin perjuicio de que la versión para minería subterránea pueda ser estudiada sobre los propios manuales que la distribuidora pone a disposición de sus clientes.

### **2.2.2. Objetivos del programa**

La aplicación del programa permite obtener los costos operativos y las inversiones de la operación minera, siendo al respecto muy versátil, además de aportar soluciones de cantidad y calidad de la maquinaria que debe utilizar para cada objetivo de producción.

### **2.2.3. Entrada de datos**

Por supuesto, ni este programa ni ningún otro, permite diseñar una mina “*automáticamente*”. Todas las aplicaciones, incluso las que puedan parecer más generales como (topografía, contabilidad, dibujo, etc.) requieren un conocimiento previo importante de la técnica de que se trate, por parte del usuario del programa, y los resultados serán mejores en función del nivel de conocimiento de éste.

Lo que hace este programa, igual que los otros mencionados, es ahorrar tiempo de cálculo, *pero nunca conocimientos de la materia*, además, antes de entrar en él, hay que llevar una idea bastante concreta y detallada del procedimiento de laboreo que vaya a utilizarse en la explotación del yacimiento.

Conocidos los parámetros que se detallan, puede iniciarse el programa y comenzar a proporcionársele datos.



#### **2.2.4. Menú**

A todas las pantallas se accede, directa o indirectamente, desde el menú principal, que tiene cuatro grandes submenús disponibles.

- Datos de entrada
- Equipo
- Resultados
- Utilidades

No se va a detallar la forma que hay que mover el cursos para llegar a cada una de ellas, ya que el objetivo es conocer lo que puede obtenerse a través del programa y qué datos hay que facilitarle, pero no el detalle de cómo moverse dentro de la aplicación que está perfectamente explicado en el manual, así como en las indicaciones que las propias pantallas contienen. Existen doce pantallas (submenús) para la entrada de los datos iniciales:

- Producción (dos pantallas)
- Yacimiento
- Suministros y materiales
- Costos unitarios laborales
- Equipo (dos pantallas)
- Costos unitarios del equipo (dos pantallas)
- Costo de adquisición del equipo
- Costo del desmonte
- Costos horarios laborales
- Resumen

Aunque no importa el orden en que se acceda a las pantallas, es recomendable seguir el orden lógico que estas presentan.

#### **2.2.5. Tipos de datos**

Existen tres tipos de datos, en función de su libertad de aplicación:

- El dato de entrada normal, en el que la información que se introduce es absolutamente libre y no tiene ninguna restricción.
- La entrada que dispone de datos por defecto: para costos de adquisición de equipo u otros similares, el programa dispone de información orientativa que puede ser utilizada a falta de otra más fiable.
- Datos relacionados con otras secciones. Si en una sección se ha determinado que se utilizará, por ejemplo diez volquetes de un determinado tamaño, en otra no deben introducirse datos correspondientes a cantidades o calidades diferentes.

### **2.2.6. Ficheros**

Dada la considerable cantidad de datos a introducir sería lamentable tener que hacerlo cada vez que pasa el programa, por lo que éste dispone de un conjunto de utilidades para los ficheros de datos entre las que están, lógicamente, la lectura y grabación de los mismos desde cualquiera de los soportes informáticos de la instalación.

## **2.3. Procedimiento**

Como se ha mencionado, los primeros datos a introducir son los de identificación del proyecto, a fin de que los listados puedan ser posteriormente utilizados adecuadamente.

### **2.3.1. Datos de producción**

En primer lugar, los datos generales del yacimiento:

- Tonelaje total a extraer de mineral
- Horas por turno
- Turnos por día
- Días trabajados al año

- Tonelaje a desmontar antes del comienzo de la producción

En Cuanto al mineral:

- Producción diaria
- Desglose de los tramos de su transporte. En cada uno de ellos hay que mencionar distancia y pendiente. Admite un máximo de 6 tramos.

La misma información para el estéril. Es de observar que sólo se considera un recorrido para el mineral y otro para el estéril, por lo que, en caso de varios, deben considerarse los recorridos medios ponderados o bien, simulaciones de cada uno de ellos por separado.

### **2.3.2. Datos del depósito mineral**

Se comienza con los datos del mineral:

- Densidad en banco (in situ)
- Porcentaje de esponjamiento cuando se extrae y apila
- Consumo específico de explosivo (g/t)
- Factor de carga del barreno (%)
- Velocidad media de perforación (m/h)
- Altura de banco (m)
- Resistencia a la rodadura
- Factor de llenado de la excavadora (%)
- Factor de llenado del volquete (%)
- Disponibilidad media de la excavadora
- Disponibilidad media del volquete

A continuación se introducen los mismos datos referidos a la operación del estéril, finalmente, se suministran algunos datos suplementarios de la mina:

- Volumen medio de agua producida (l/min)
- Altura media de bombeo
- Densidad del explosivo
- Duración media de las bocas de perforación

- Duración media de las barras de perforación
- Eficiencia media del operador de la maquinaria (%)

### **2.3.3. Datos costos de los suministros**

A continuación se introducen los precios previstos para:

- Combustibles
- Electricidad
- Explosivo
- Detonadores
- Iniciadores (dinamita)
- Brocas
- Barras
- Cordón detonante

### **2.3.4. Datos de costos variables del personal**

Se tiene que tomar en cuenta el costo completo del personal, incluyendo la seguridad Social y otros suplementos que corran por cuenta de la empresa, como por ejemplo:

- Perforación (\$us./h)
- Voladura
- Carga
- Transporte
- Servicios mina
- Servicios generales
- Mecánicos
- Auxiliares de mantenimiento
- Peones.

### **2.3.5. Datos de costos del personal de supervisión**

Salario anual del:

- Gerente
- Superintendente
- Capataces
- Ingenieros
- Geólogos
- Técnicos
- Logística
- Personal
- Secretaria
- Auxiliares

Agregándose imprevistos para costos de operación

### **2.3.6. Equipo**

Se trata del costo completo de la inversión por cada máquina y se desglosa en tres grupos: mineral, estéril y general, Para los dos primeros hay que especificar los mismos datos:

- Excavadoras
- Volquetes

En el grupo general están incluidas.

- Perforadoras
- Bulldozers
- Motoniveladoras
- Camiones de riego
- Camionetas de neumáticos
- Vehículos de explosivos a granel
- Instalaciones de iluminación
- Bombas

- Camionetas (pick-up)

### **2.3.7. Datos de costos de equipo**

En este punto puede optarse por aceptar los datos por defecto que posee el programa o utilizar datos propios obtenidos de la práctica diaria. Este submenú tiene por objeto introducir los consumos unitarios de cada una de las máquinas que constituyen el equipo de operación. Entre los apartados de esta sección están:

- Combustible
- Electricidad
- Lubricante
- Repuestos para reparaciones
- Mano de obra para reparaciones
- Cadenas y otras piezas de desgaste
- Neumáticos

### **2.3.8. Otros datos de inversiones para la explotación**

Están divididos en los siguientes grupos: edificios y estructuras, mina y proyecto. En cuanto a las estructuras, hay que facilitar los datos de:

- Almacenes (superficie y precio unitario)
- Vestuarios (idem)
- Oficinas
- Talleres

La infraestructura de la mina comprende:

- Desmonte previo (tonelaje y precio unitario)
- Rampas y viales
- Sistema eléctrico
- Otros desarrollos

Finalmente, el proyecto incluye datos económicos como:

- Honorarios de ingeniería (%)

- Honorarios de dirección de proyecto
- Capital circulante (días de producción)
- Contingencias (%) o imprevistos

Con esta información quedan completados los datos de entrada que necesita el programa.

## **2.4. Resultados**

El “**output**” comprende detalles de algunos capítulos, cuyo listado puede obtenerse específicamente a través de volcar la pantalla (con F5), de los que se presentará como muestra los siguientes.

### **2.4.1. Resumen de costos operativos de suministros y materiales**

Con el mismo detalle que se desglosaron los datos de entrada se obtienen ahora:

- Cantidad consumida por día
- Costo diario de cada suministro o material
- Costo por tonelada de mineral, con lo que puede verse, cuales, de todos los suministros, afectan al costo final y en qué proporción.

### **2.4.2. Resumen de costos operativos laborales**

Análogamente, podemos conocer el número de empleados, su costo diario y por tonelada de mineral extraída, así como los costos unitarios del personal de supervisión.

### **2.4.3. Resumen de costos operativos del equipo**

También puede conocerse, con el mismo desglose que se haya facilitado en el “**input**”, las horas de utilización de cada tipo de máquina, el consumo diario de

combustible, lubricante, energía eléctrica, etc., y finalmente el resumen de inversiones previstas en maquinaria, desglosándose de esta manera:

- Tipo de máquina
- Tamaño de la máquina
- Número de unidades de cada tipo
- Precio total de cada una
- Importe total invertido en cada tipo de maquinaria
- Importe total de la inversión en equipo

#### **2.4.4. Otras inversiones**

Desglosado en los grupos antes mencionados, puede obtenerse la inversión en infraestructuras y el proyecto, dando finalmente la cifra total de la inversión inicial.

#### **2.4.5. Resumen de costos**

Viene desglosado, como es lógico, en dos grupos: costos operativos e inversiones. En ambos grupos se obtienen las cifras totales desglosadas por capítulos, y, en el primero, que es el único en el que puede utilizarse con propiedad la palabra “costos” se desglosa el costo diario y por tonelada de mineral.

En el grupo de inversiones, se detallan los siguientes datos.

- Número de unidades de cada tipo de máquina
- Vida útil, en años
- Importe de la inversión en cada máquina (donde debe incluirse no sólo su precio de venta, sino el completo de adquisición hasta que se pone en marcha.

El “**output**” que se presenta en la sección Anexos, son resultados de un supuesto denominado Proyecto “*Chalchalera*”.



### **III. PROPUESTA DE APLICACIÓN Y CAPACITACIÓN**

Fruto de la preocupación por la transmisión del conocimiento; aplicando y capacitando a la comunidad universitaria de la Carrera de Ingeniería de Minas, se trabajó en la siguiente propuesta de la implementación tecnológica de softwares mineros especializados.

#### **3.1. Antecedentes**

Los grandes avances en la implementación de la tecnología cibernética, nos obliga a estar preparados para conocer y manejar de la mejor forma posible, las herramientas computacionales que optimizan el trabajo profesional.

La Carrera de Ingeniería de Minas, viene implementando su laboratorio de softwares mineros especializados, esperando adquirir programas utilizadas en muchas empresas a nivel internacional.

Los softwares pueden ser incorporados en niveles superiores del contenido de materias, para que el estudiante pueda familiarizarse con él o los programas al finalizar su carrera.

#### **3.2. Introducción**

Con el paso de los años la industria minera ha desarrollado nuevas herramientas computacionales en las áreas de geología y minería que han ayudado a optimizar los tiempos, mejorando el manejo de la información y presentación de los resultados.

Es por eso que las Universidades, como grandes formadores de los futuros profesionales del área minera, deben estar al tanto en la implementación tecnológica de estos softwares para dar a los alumnos la formación suficiente, para que puedan desenvolverse de la mejor forma posible en el momento de enfrentar la vida laboral.

### **3.3. Objetivos**

El objetivo principal en la implementación del software, es que la Carrera de Ingeniería de minas, pueda en forma autónoma y planificada entregar a los alumnos los conocimientos necesarios para poder utilizar el programa en la etapa final del Carrera y obtener la percepción de cómo un software puede ser usado en el área minera y cuales son las principales ventajas de aplicación. Otro objetivo importante es la preparación de los alumnos, para que puedan desempeñarse de la mejor forma y ser un real aporte para la industria minera actual.

### **3.4. Metodología**

la metodología para realizar esta implementación consta de tres etapas principales que se pueden aplicar en forma general. Estas tres etapas son:

1. Instalación y habilitación del software.
2. Capacitación del software a instructores.
3. Complementación de cátedra con el uso del software.

La instalación y habilitación del software como una primera etapa de implementación es importante que la Carrera cuente con un laboratorio o sala de computación habilitada para el uso del programa, con un número de computadoras suficiente para los alumnos puedan practicar y realizar los trabajos sin problema de disponibilidad. La instalación del software se realiza en cada equipo.

La capacitación del software a los instructores, es una de las etapas primordiales para la implementación del programa. Esta capacitación se deberá realizar en forma grupal y didáctica, cada uno de los instructores tiene a disposición una computadora con el software instalado con el fin de que puedan ir practicando en forma paralela con el responsable capacitador. La idea es que el capacitador va indicando los pasos que deben seguir los instructores y ellos deben desarrollar en forma inmediata

los procedimientos o aplicaciones para poder aclarar las dudas en el mismo momento, esto permite un nivel de aprendizaje elevado, dando muy buenos resultados en el área de capacitación de softwares. Para este trabajo se debe contar con material especialmente creado para el uso en las universidades (disponen algunos proveedores de programas).

La complementación de cátedra con uso del software, es la etapa que tiene el papel de unir la parte teórica de la minería con el uso práctico del software, permitiendo un aprendizaje integral de la geología y la minería en algunos casos, dando otra visión de esta materia al poder visualizar en 3d cuerpos geológicos o diseños de pit y realizar análisis geoestadísticos o económicos de los resultados, permitiendo al alumno concretar y materializar la teoría en el software. También el alumno podrá enfrentar y visualizar de mejor forma los problemas a los cuales se verá enfrentados en el mundo laboral. El resultado de este trabajo creará una forma de educación nueva y renovada para la Carrera de Ingeniería de Minas, permitiendo a los alumnos a aprende de mejor manera las materias en las que se implementen software, mejorando los rendimientos y aumentando el interés al realizar esta capacitación interactiva.




### **3.5. Conclusiones**

La implementación tecnológica de software mineros especializados, es necesario en estos tiempos en que existen herramientas que nos ayudan a manejar de la mejor forma posible los procesos y trabajos en un yacimiento.

La Carrera de Ingeniería de Minas, cumple un papel fundamental al ser un ente generador de profesionales que serán los responsables de manejar la minería en los Próximos años con limitaciones económicas y medioambientales. La propuesta presentada se la realiza, con la firme intención de contribuir a la formación de los educandos, porque ellos serán los actores de la futura industria minera.

## CONCLUSIONES

A la conclusión del presente informe, correspondiente al período Marzo – Julio (I/2009) de la presente Gestión académica, es importante realizar las conclusiones por el trabajo realizado y porque además a través del mismo se logró determinar aspectos puntuales que permitirán la continuidad de la innegable responsabilidad de conocer para transmitir – capacitar, el conocimiento de programas computacionales tan requeridos en la gran minería actual. Por estos motivos indicamos lo siguiente:

-  La variedad de programas informáticos nombrados en el presente trabajo, no representa a la totalidad de los mismos, existen otros que por diversas causas no fueron mencionados, sin embargo, las referencias que se presentan servirán como información para una posible adquisición.
-  En todo el proceso del conjunto de una operación desde la etapa de exploración, la preparación y la respectiva producción ú explotación, demanda un sin fin de operaciones y en consecuencia una aplicación o utilización de varios softwares, así como de programas integrados que facilitan por lo tanto varias ventajas, que repercuten indudablemente en el costo de adquisición de estos paquetes integrados.
-  La propuesta de aplicación y capacitación presentada, fue elaborada para la culminación del trabajo de investigación, sin embargo considero oportuno efectuar una revisión y consecuentemente un enriquecimiento o complementación para efectuar cursos de capacitación en el tema abordado en el presente trabajo.




- ✚ La presentación descriptiva del programa SHERPA, se realiza para mostrar como ejemplo de las características del input de datos para obtener los output del programa (presentado en Anexos). El software es un programa realmente útil para la planificación y evaluación previa de la explotación de una mina, en cierta manera es menos amplio que otros programas informáticos, ya que se restringe a la operación minera propiamente dicha y no entra en estudios de rentabilidad por falta de información.
- ✚ Sin embargo, el costo de la operación minera lo estudia con toda profundidad, constituyendo una herramienta de indudable utilidad para el ingeniero que planifica o diseña una mina.
- ✚ El principio de un conocimiento en el apasionante mundo de softwares mineros, se encuentra en una Licencia, que deberá ser obtenida de manera directa y por la respectiva compra de un fabricante o representante oficial.
- ✚ Es importante la interrelación con la Gran industria minera, para la coordinación de prácticas de aplicación de software, siendo necesaria la disponibilidad de medios como datos para hacer “correr” cualquier software minero.
- ✚ La inversión en la adquisición de software, significará una modernización del conocimiento en el campo informático, para aplicaciones sobre todo en la gran minería, que de un tiempo a esta parte se vienen desarrollando en nuestro País y de manera más adelantada en los países vecinos como; Chile, Perú y también Argentina. En el contexto mundial la aplicación de programas informáticos es mucha más generalizada, motivo

por el cual se viene dando frecuentes innovaciones, producto de la abierta competencia entre las diferentes empresas dedicadas exclusivamente a la creación e innovación de soluciones cibernéticas.

- ✚ También se adjunta en el mismo medio manuales y tutoriales de algunos programas obtenidos durante la búsqueda de información para realizar el trabajo de investigación llevado a las instancias actuales.
- ✚ Una conclusión final y muy importante, es qué, definitivamente debemos incursionar en el conocimiento, manejo y aplicación de programas, como vienen realizando países vecinos con ambiciosos planes de formación y capacitación en sus unidades facultativas como sucede en la República Argentina, (Universidad Nacional de San Luís) que viene implementando su laboratorio con Surpac Vision (Australia), un software Geológico – Minero de última generación usado en muchas empresas alrededor del mundo.

## RECOMENDACIONES

Fruto del trabajo realizado y por el conocimiento adquirido, es importante efectuar recomendaciones que contribuyan a beneficiar a la continuidad del estudio, considerando las referencias presentadas en el presente estudio, en consecuencia la recomendaciones son las que a continuación se detallan.

-  Definir cuál o qué software se puede adquirir, significará un dilema traducido en las aplicaciones para las que se desee obtener, sin embargo un aspecto que debe ser tomado muy en cuenta, previo contacto con él o los proveedores, dada la instancia que se representa (didáctico - formación de profesionales), se debe adquirir del proveedor que brinde mayores ventajas en asesoramiento, asistencia en capacitación y como se ha mostrado en el estudio, los que faciliten mayores programas integrados. Existen programas exclusivamente destinados a instituciones de formación con ventajas muy convenientes.
-  Se debe continuar con trabajos de investigación en el presente tema ya que es la única instancia, con el apoyo de la Universidad y las autoridades de la Facultad de Minería, ingresar en el monstruo de las actualizaciones informáticas para hacer frente a las demandas y desafíos de la Gran Minería.
-  Se presenta una sección de enlaces mineros y referencias de softwares, recomendándose la visita de los sitios, sobre todo para obtener información de las ventajas técnicas, representaciones latinoamericanas y sobre todo ofertas de asistencias educativas.

- ✚ Es recomendable efectuar el manejo de los programas, por profesionales con experiencia en uno o varias actividades en el laboreo minero, porque se considera imprescindible el criterio personal para el conocimiento y aplicación de estos programas.
- ✚ Indudablemente el 90 % de los software existentes en el mercado internacional se encuentran elaborados en el idioma Ingles, en consecuencia es importante continuar de manera separada y personal con la formación en este idioma hoy por hoy universal en temas técnicos sobre todo mineros, ya que el descuido del mismo significará una barrera infranqueable en el aprendizaje y manejo de los mismos.
- ✚ Se adjunta en medio magnético programas prácticos en programación Excel, recomendándose el manejo y la aplicación, asumiendo datos para el efecto.



## **BIBLIOGRAFIA**

Reyes Bernardo,

XV Seminario de Ingeniería en Minas-SIMIN 2007. “Minería de Excelencia hacia el Bicentenario” Universidad de Santiago de Chile

Faundez Enrique,

“Implementaciones Tecnológicas”, Directivo de Surpac Software Internacional Chile.

Gallardo Marina,

Daniela Yanina,

Soria Maria,

“Prospección Minera”. Revista Panorama Minero, 2006

Devon Lawrence Smith,

“Economic Evaluation and Optimization of Mineral Projects”  
Curso Internacional Infomine. Version January 2003.

Datamine Latin America,

Anais do “VI Workshop DATAMINE” Junho de 1998. Belo Horizonte, MG.

E.T.S. de Ingenieros de Minas,

“Curso de Evaluación y Planificación Minera”. Cátedra de Laboreo de Minas. Madrid, Octubre 2001.

E.T.S. de Ingenieros de Minas,

“Manual de Aplicaciones Informáticas en Minería” Madrid 2000

Datamine,

“Tutorial – Criação de Wireframes”. Datamine Latin America