



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA PARA LA
IMPLANTACIÓN DE UN SOFTWARE APLICADO A
LA INDUSTRIA MINERA**

TESIS PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

PRESENTAN

ELIAS GRANADOS GONZALEZ
LEWIS MALDONADO ARAUJO

DIRECTOR DE TESIS:

M. en A. GABRIEL RAMÍREZ FIGUEROA



México, D. F.

2012

DEDICATORIA

A MIS ABUELOS;

POR SER LOS MEJORES PADRES DEL MUNDO, ABUELITO PORFIRIO GRACIAS POR ENSEÑARME QUE EL ESFUERZO, EL SACRIFICIO Y LA EDUCACIÓN SON LAS MEJORES HERRAMIENTAS PARA LOGRAR EL BIENESTAR EN MI VIDA, ABUELITA SARA GRACIAS POR ENSEÑARME LA IMPORTANCIA QUE TIENE MI SALUD Y EL EMPEÑO CON EL QUE SIEMPRE ME CUIDASTE, Y GRACIAS A AMBOS POR HABERME CUIDADO COMO A UN HIJO Y DARMERME TODO LO QUE ESTUVO A SU ALCANCE. LOS AMO.

A MI FAMILIA;

HIJITA XOCHIQUETZAL, POR SER MI INSPIRACIÓN Y LLENAR MIS DIAS DE ALEGRIA AL VER TUS HERMOSOS OJOS FELICES, IZTACCHUATL, POR SER UNA GRAN ESPOSA Y AMIGA AL TENER LA FUERZA Y LA PACIENCIA CON LA QUE ME HAZ APOYADO EN TODO MOMENTO TE AMO, YA MI PEQUEÑITA(O) QUE TE ESPERO CON GRAN EMOCIÓN Y HACERTE SABER QUE TIENES A UN AMIGO QUE SIEMPRE ESTARA A TU LADO.

A MI MADRE;

QUE SIEMPRE HAZ ESTADO A MI LADO PARA ESCUCHARME Y APOYARME CON TODO LO QUE HA ESTADO A TU ALCANCE. GRACIAS POR TODO EL CARIÑO QUE ME HAZ DADO.

A MIS HERMANOS;

NEFTALÍ, POR ENSEÑARME A SEGUIR MIS IDEALES Y LUCHAR POR ELLOS SIN IMPORTAR QUE TAN COMPLEJOS PUEDAN SER, CRISTINA, ANTONIO, JESUS, NUNCA OLVIDEN QUE EL CONOCIMIENTO LOS HARÁ LIBRES, NUNCA DEJEN DE APRENDER, RECUERDEN QUE TODO ESFUERZO TIENE RECOMPENSAS, SIEMPRE TENDRAN MI APOYO INCONDICIONAL.

A MIS TÍAS;

BEATRIZ Y CECILIA, POR HABERME APOYADO EN MI EDUCACIÓN Y HABER COMPARTIDO UNA PARTE DE SU VIDA DE MANERA INCONDICIONAL.

A MIS TÍOS;

SIMÓN, LINO, PEDRO Y SABINO, POR SER COMO MIS HERMANOS Y HABER SIDO PARTE FUNDAMENTAL EN EL DESARROLLO DE MI PERSONA, AL COMPARTIRME ESA HABILIDAD PARA VER EL MUNDO DE UNA FORMA CRITICA.

A MIS PRIMOS;

IKTANIL, BALAM, TONATUH, NADIA, ARMANDO, CUAUHTEMOC, JORGE XOCOYOTZIN, TONANZIN, IVAN, MIGUEL, ATZAYACATL, MOCTECUTZUMATZIN, POR LOS BUENOS CONSEJOS Y EL APOYO QUE NOS HEAMOS BRINDADO A LO LARGO DE ESTE TIEMPO. NUNCA OLVIDEN SU ORIGEN.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNAM

LE DOY GRACIAS A MI ALMA MATER, Y DE MANERA PARTICULAR A LA FACULTAD DE INGENIERIA POR HABERME BRINDADO LOS CONOCIMIENTOS PROFESIONALES QUE CON ORGULLO APLICARÉ, DEJANDO SIEMPRE EN ALTO A MI UNIVERSIDAD.

A MI DIRECTOR DE TESIS;

GABRIEL, GRACIAS POR EL APOYO, LA PACIENCIA Y LA MOTIVACIÓN QUE ME HAZ OFRECIDO A LO LARGO DE ESTA TESIS, Y POR EL CONOCIMIENTO QUE ME HAZ BRINDADO CON BASE EN TU EXPERIENCIA.

A MIS AMIGOS DE LA VIDA;

DARIO, HUMBERTO, FERNANDO, ALMA, VERONICA, CONSUELO, SAUL, MARLENE, MARCELA, LEONARDO, EDUARDO, POR SIEMPRE ESTAR EN LOS MOMENTOS MAS IMPORTANTES DE MI VIDA, Y POR QUE CADA UNO DE USTEDES A CONTRIBUIDO EN MI PERSONA.

A MIS PROFESORES;

ING. GABRIEL RAMÍREZ, ING. VÍCTOR MANUEL LÓPEZ, ING. MAURICIO MAZARI, ING. ALFREDO VICTORIA, LIC. CARLOS BERNAL, ING. GUERRERO †, ING. JOSÉ SANTOS, ING. ROSIQUE, ING. CARL SERVIN, ING. J. J. OBREGÓN, ING. GUADALUPE CONTRERAS, ING. MIGUEL MARQUÉZ, ING. JUAN CARLOS CRUZ, ING. JORGE ORNELAS, ING. J. J. HÚEZO, POR LA CONFIANZA Y LOS CONOCIMIENTOS QUE ME BRINDARÓN.

A MIS COMPAÑEROS DE LA FACULTAD;

CRECENCIO MARTINEZ, BETZABÉ ESCOBEDO, LEWIS MALDONADO, ROCÍO LOPEZ, EVARISTO VALENCIA, LEONARDO MINCHACA, VIRIDIANA, YAHIR, ARTURO, JORGE CIRIO, CRISOFORO, MISAEL CAMACHO, JOSE ALFREDO HERNANDEZ, JONATHAN GARCIA, EDUARDO AGUILERA, JUAN, MANUEL BECERRIL, ALEJANDRO ROMÁN, ALEJANDRO SANTOS, FRANCISCO SAMPERIO, GIOVANI SOLÍS, VERÓNICA RUÍZ, SALVADOR LEON, RODRIGO, Y MÁS QUE COMPARTIERON SU AMISTAD CONMIGO.

A MIS COMPAÑEROS DEL TRABAJO;

JOSE LUIS MENDOZA, GRACIAS POR EL APOYO Y LOS CONSEJOS, KARINA NERI, GEORGINA GRENNE, TERESA RUIZ Y VANESSA ARANDA, POR LA MOTIVACIÓN, MANUEL BECERRIL, POR LA CONFIANZA, LAS PALABRAS DE ALIENTO PARA LA CULMINACIÓN DE ESTA TESIS, A FRANCISCO RENDIZ Y SANTIAGO RAMÍREZ POR LAS PALABRAS DE ÁNIMO.

Y A TODOS LOS QUE ME HAN ACOMPAÑADO DURANTE ESTA ETAPA DE MI VIDA Y ME HAN BRINDADO SU CONFIANZA, CARINO Y AMISTAD. GRACIAS.

Dedicatoria

A Dios:

Por darme vida, salud, fortaleza y consuelo. Por su bondad que me permitió llegar hasta este punto de mi vida, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante el periodo de estudio.

A mi padre Hugo:

Por ser mi ejemplo, por demostrarme que las cosas se pueden conseguir, por darme su apoyo incondicional, por estar siempre conmigo.

A mi madre Lilia:

Por ser mi guía, mi apoyo; por haber confiado en mí en todo momento, por darme palabras de aliento, por ser mi fuerza para seguir adelante, por los regaños y por los buenos consejos, por estar siempre a mi lado.

A Sofía Melgarejo:

Por el gran apoyo incondicional que me ha brindado, por sus palabras, su amor, su cariño, su compañía; por estar conmigo en los malos ratos, por confiar en mí, por su sinceridad, por tolerar mi forma de ser y comprenderme.

A mis hermanos:

Anaxímenes y Ramsés por estar conmigo y apoyarme en todo momento. Por ser mis compañeros, por todas las cosas buenas y malas que pasamos juntos. Los quiero mucho.

A mis familiares:

Por su compañía, por creer en mí, por esa confianza, por su amor, por todos esos momentos difíciles que pasamos juntos; a mi tía Carmina por su amor, sus consejos, sus palabras de aliento, su sabiduría, su confianza; a mi tío Gabriel por su compañía, comprensión y apoyo; a mi tío Gil por esa fuerza que me enseñó, por su entrega, su libertad y sinceridad; a mi tío Sergio por su ayuda y apoyo; a mi tía Rosario por su confianza y amor; a mi tía Toña por su carácter tranquilo, por su amor; a mis primos y a todos mis seres queridos que no mencioné y que saben, quiero.

A mis maestros:

Que gracias a sus enseñanzas pusieron en mí la sabiduría y el valor para la vida laboral. Al M.C. Gabriel Ramírez Figueroa por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y la elaboración de esta tesis, por tomar el tema con nosotros y guiarnos para la elaboración del mismo, por el tiempo invertido y la dedicación puesta en el trabajo, por sus palabras de aliento, por su comprensión y paciencia, al Lic. Carlos Bernal, Ing. Victoria, Ing. Mazarí, Ing. Guadalupe, Ing. Obregón, Ing. Órnelas, Ing. Víctor Manuel López por sus enseñanzas, carácter y apoyo; Ing. Eduardo Guerrero por las facilidades que nos dio para la aprobación de la tesis y a todos aquellos profesores que me dieron palabras de aliento y me guiaron por el camino correcto.

A mis compañeros:

Elías Granados por los buenos consejos, por el apoyo en la realización de este trabajo, por el tiempo invertido en la culminación del mismo, por su paciencia, por su compañía, por su amistad, Alfredo Hernández, Ian Cervantes, David Villanueva, Crecencio Martínez, Manuel Becerril, Jorge Alejandro Román, Alejandro Santos, David Ruiz, Betsabé Rodríguez, Linda Roció López, Evaristo Valencia, Eduardo Aguilera, Paola Guevara, Leonardo Minchaca, Juan López, Teresa Samperio, Francisco Samperio, Crisóforo Medina, Jorge Cirio, Misael Camacho, Roberto Canales, Verónica Ruiz, Jonatán García, Luis Antonio Madrigal, Giovanni Solís, Marco Bautista y muchos más compañeros que recuerdo con mucho cariño a todos ustedes que me apoyaron y acompañaron durante mi formación profesional.

Gracias.

Agradecimientos

Quiero agradecer de manera especial y sincera a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por el apoyo brindado en la realización de este trabajo, a la Facultad de Ingeniería por las facilidades que nos brindó, a la división de ciencias de la tierra por el apoyo a la carrera de Ingeniería de Minas y Metalurgia, a los administrativos que apoyan en la realización de trámites y a todos los sinodales que participaron en la revisión de esta tesis.

A todas aquellas personas que participaron directa o indirectamente durante mi formación profesional.

A todas las instituciones y fuentes que sirvieron de apoyo en la consulta de información para la elaboración de este trabajo.

Índice

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. CONTEXTO.....	4
II.1. Propósito del estudio.....	4
II.2. Objetivos generales y específicos.....	4
II.3. Alcance del estudio	5
III. MARCO TEÓRICO.....	8
III.1. Fundamentos básicos de las tecnologías de la información.....	8
III.1.1. TI en la minería.....	17
III.1.2. Niveles de innovación en la implantación de las tecnologías de la información.....	18
III.2. Desarrollo histórico del modelado geológico y el diseño de obras mineras	25
III.3. Principios de operación de un software aplicado a la minería.....	41
III.3.1. Secuencia de realización de un proyecto minero mediante el uso de un software	44
III.4. Ventajas y desventajas de implantar un software minero	54
III.5. Marco teórico de la administración de proyectos.....	58
III.5.1. Administración.....	58
III.5.2. Administración de proyectos.....	62
III.5.3. Planeación.....	62
III.5.4. Planeación estratégica.....	63
III.5.5. El análisis FODA.....	64
III.5.6. Plan estratégico.....	65
III.5.7. Ejecución.....	67
IV. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA	69

IV.1. Planeación estratégica.....	69
IV.1.1. Misión y visión.....	75
IV.1.2. Definición del negocio.....	75
IV.1.3. ¿Quiénes somos?.....	75
IV.1.4. ¿Qué hacemos?.....	75
IV.1.5. ¿Dónde estamos?.....	75
IV.1.6. ¿Hacia donde vamos?.....	76
IV.1.7. Establecimiento de objetivos.....	76
IV.2. Definición del proyecto.....	79
IV.3. Planeación táctica del proyecto.....	83
IV.3.1. Designación del equipo de trabajo.....	84
IV.3.2. Requisitos técnicos.....	86
IV.3.3. Revisión del hardware.....	86
IV.3.4. Requisitos de la red.....	87
IV.3.5. Mercado.....	89
IV.3.6. Riesgos de la implantación.....	97
IV.3.7. Cronograma de actividades.....	101
IV.4. Implantación del proyecto.....	103
IV.5. Transición del proyecto.....	114
IV.6. Control.....	118
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
REFERENCIAS.....	127

Índice de figura

Figura 1. Abaco rabdológico de Napier.....	11
Figura 2. EDSAC (Computadora Automática de Almacenamiento Electrónico)...	12
Figura 3. Representación gráfica de la explotación minera subterránea (Siglo XVII).....	26
Figura 4. Cartografía mapamundi (Siglo XVI).....	27
Figura 5. Plano geológico.....	29
Figura 6. Modelado de capas geológicas en el Instituto Geofísico AS CR, República Checa.....	30
Figura 7. Modelación icónica (Plano y sección de obras mineras subterráneas).....	30
Figura 8. Modelo matemático (semivariograma).....	31
Figura 9. Maqueta geológica articulada.....	31
Figura 10. Maqueta de una mina (Deutches Museum).....	33
Figura 11. Maqueta de un yacimiento mineral con acetatos.....	33
Figura 12. Diseño de barrenación en abanico en Autocad Promine.....	36
Figura 13. Etapas de desarrollo del software minero.....	37
Figura 14. Software para estimación de reservas mineras.....	37
Figura 15. Modelo de bloques 3D.....	38
Figura 16. Modelo geológico 3D.....	38
Figura 17. Diseño de obras mineras	39
Figura 18. Datos contenidos en una base de datos de un software minero.....	42
Figura 19. a) Modelo alámbrico, b) Modelo solido de un yacimiento.....	42

Figura 20. Visualización 3D de un yacimiento.....	43
Figura 21. Gestor de datos de un software minero.....	45
Figura 22. Análisis de los datos de exploración en un software minero.....	46
Figura 23. Modelo geológico de un yacimiento mineral.....	46
Figura 24. Vista en 3D del modelo de bloques.....	47
Figura 25. Vista en planta de un modelo de bloques.....	48
Figura 26. Vista en sección longitudinal de un modelo de bloques.....	48
Figura 27. Ejemplo de muestras alrededor de un bloque.....	49
Figura 28. Modelo de bloques limitado por la zona del yacimiento y coloreado de acuerdo con su ley.....	49
Figura 29. Limite final del tajo Lerch-Grossmann.....	51
Figura 30. Diseño de bancos en minería a cielo abierto.....	51
Figura 31. Planeación minera.....	53
Figura 32. Ciclo de vida de un proyecto.....	61
Figura 33. Diamante de Leavitt.....	103
Figura 34. Etapas de implantación del software minero.....	104

Índice de diagramas

Diagrama 1. Origen y desarrollo de las tecnologías de la información.....	9
Diagrama 2. Evolución de las computadoras.....	13
Diagrama 3. Evolución del software.....	14
Diagrama 4. TI que forman parte de una unidad minera.....	22
Diagrama 5. Etapas en las que interviene un software minero.....	24
Diagrama 6. Tipos de modelos.....	29
Diagrama 7. Software Integrado.....	40
Diagrama 8. Componentes básicos de un software minero.....	41
Diagrama 9. Administración y logro de resultados.....	59
Diagrama 10. Fase 1 (Análisis).....	79
Diagrama 11. Fase 2 (Táctica).....	80
Diagrama 12. Fase 3 (Implantación del sistema).....	81
Diagrama 13. Fase 4 (Evaluación y validación).....	82
Diagrama 14. Fase 5 (Transición y control).....	82
Diagrama 15. Implantación directa del sistema.....	83
Diagrama 16. Implantación paralela del sistema.....	84
Diagrama 17. Red para el sistema del software minero.....	87
Diagrama 18. Cuadro comparativo de alternativas de software.....	198
Diagrama 19. Cronograma de actividades.....	102
Diagrama 20. Esquema de una red cliente/servidor.....	106
Diagrama 21. Métodos de conversión de datos.....	108
Diagrama 22. Tipos de capacitación en software minero.....	110

Diagrama 23. Estructura de la documentación de implantación de software minero.....	112
Diagrama 24. Pasos para llevar a cabo la verificación del sistema implantado.....	114
Diagrama 25. Los tres sectores del mantenimiento del sistema.....	121
Diagrama 26. Tipos de mantenimiento del sistema del software minero.....	123

Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de implantación de TI en minería.....	20
Tabla 2. Software de minería.....	24
Tabla 3. Representación gráfica de una matriz FODA.....	65
Tabla 4. Ejemplo de análisis FODA (pequeña empresa).....	70
Tabla 5. Ejemplo de análisis FODA (mediana empresa).....	71
Tabla 6. Ejemplo de análisis FODA (empresa grande).....	72
Tabla 7. Formato para la constitución del equipo de trabajo.....	85
Tabla 8. Requisitos del hardware.....	88
Tabla 9.. Ficha técnica MineSight.....	91
Tabla 10. Ficha técnica Datamine Studio.....	93
Tabla 11. Ficha técnica Vulcan.....	95
Tabla 12. Ficha técnica Surpac.....	97

La ciencia y la tecnología suscitan cambios en los métodos de producción, así como en el modo de vida, en el bienestar y en la manera de pensar y de comportarse de las personas, que son aspectos básicos en el desarrollo de una sociedad "(Facundo, 1997)".

I. INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad que con el paso de los años tiene que modernizarse. En este mundo que es cada vez más competitivo, es necesario tener una optimización de los recursos y un gran aprovechamiento de mineral, esta industria no puede quedar paralizada ante este hecho.

En el siglo XXI, la demanda de minerales ha aumentado. Debido a esto, la industria minera nacional requiere de profesionistas capacitados para tener un mejor aprovechamiento de los recursos minerales y de las herramientas tecnológicas, y así lograr un buen desempeño a nivel internacional.

Por otro lado, la computación ha tenido un desarrollo muy acelerado, llegando a formar parte de diversas actividades humanas, y se ha convertido en una herramienta esencial para tareas desde muy sencillas hasta complejas, que pueden realizarse en un sofisticado laboratorio hasta en una industria de cualquier tipo.

El desarrollo de tecnología se ha convertido en una de las actividades más importantes para la mayoría de los países en estos tiempos, lo cual obliga a las industrias en general, y en este caso a la industria minera, a tener herramientas de alta tecnología que le permitan ser eficientes en su producción, reducir sus costos y de manera ligada ser competitivas. Para mantenerse competitiva una industria, los directivos y tomadores de decisiones requieren de un acceso rápido y fácil a información útil y valiosa dentro de su organización.

Se puede decir que un factor importante para el desarrollo tecnológico de la industria minera es el capital humano. Por lo tanto, se debe conseguir que este

sea altamente efectivo en cuanto a innovación tecnológica, para crear y adaptar nuevas tecnologías que mantengan la competitividad de la industria aun cuando aumenten los costos de mano de obra o los yacimientos decaigan en ley.

La importancia del software es que cubra las necesidades del usuario para desarrollar su trabajo de una manera más rápida y eficiente.

No se debe olvidar lo que representa el contar con una nueva tecnología, pero esta no serviría de nada si no va de la mano con la capacitación, esta última parte se debe resaltar ya que muchas empresas pueden tener acceso a nuevas tecnologías, pero a veces los profesionistas carecen del conocimiento que les facilite el uso de las mismas. Esta relación entre capacitación y la tecnología es la base para que una estrategia de implantación tenga resultados positivos.

La necesidad de disminuir los costos, acortar tiempos y mejorar la calidad en los procesos de planeación y producción se ha vuelto un requisito indispensable para la industria minera actual, encontrando un soporte en el uso de herramientas informáticas que integran los procesos involucrados en el diseño y desarrollo de proyectos.

Las empresas están a la búsqueda de una tecnología que contenga la gestión integral de todas las actividades y procesos desarrollados dentro de una empresa minera mediante un sistema informático adecuado a sus necesidades particulares.

Lo que se busca al incluir un software en la industria minera es tener una adecuada planeación en un tiempo mínimo, así como una mayor optimización en los procesos de extracción de minerales a un menor costo.

Se encuentra una gran cantidad de programas y sistemas comerciales para casi todos los cálculos y actividades que un ingeniero requiere en el desarrollo de sus actividades, y otros más que sirven para crear un sistema que permita realizar tareas de forma específica.

Gracias a la gama de soluciones que el software minero da a la industria, hoy se encuentra todo tipo de soluciones para los diferentes procesos dentro de la minería, las empresas no deberían escatimar en el costo para obtener estos productos ya que son mínimos en comparación con los resultados que pueden obtenerse de ellos.

La industria del software minero ofrece muchas alternativas en el mercado, desde aplicaciones específicas como modelado de yacimientos, hasta productos que abarcan diferentes áreas para la gestión de recursos en la minería. Esto se debe a la demanda actual del entorno global y a la competitividad que hay para obtener materias primas, la cual ha ocasionado que se abandonen las técnicas y prácticas que se hacían de manera manual (planos, desarrollo de obras, modelación, etc.) lo cual demandaba tiempo y dinero, para dar lugar a nuevas tecnologías que faciliten y optimicen estas tareas.

Muchas empresas tiene equipos de trabajo conservadores que no permiten un cambio en su área, ya que ven como un problema incluir un software de este tipo en sus procesos, el costo de dicho software requiere de una inversión y las empresas buscan sacarle el mejor provecho a esto, pero carecen de estrategias adecuadas para que los empleados puedan capacitarse dentro de la organización, muchos no están familiarizados con este tipo de herramientas y prefieren continuar con las practicas acostumbradas.

Es conveniente, que los actuales egresados de la ingeniería de minas estén familiarizados con este tipo de tecnologías que permiten realizar tareas en menor tiempo, el uso eficiente de la computación como herramienta ayuda al desarrollo de nuestro entorno social.

Las empresas mineras requieren más profesionistas capacitados para poder tener un mejor aprovechamiento de los avances tecnológicos y un mayor desarrollo a nivel mundial, logrando así facilitar el trabajo realizado en la planeación de un proyecto minero y de las unidades operativas, así como, en la toma de decisiones a mediano y largo plazo.

II. CONTEXTO

El empleo de la tecnología es una de las decisiones más comunes en la elección de estrategias para el desarrollo de una organización, por lo que se ha incrementado la dependencia en el uso y manejo de información electrónica dentro de estas. Lo anterior, ha permitido que la tecnología deje de ser un miembro pasivo y se convierta en un elemento importante para la operación de los negocios. De modo que, con el fin de cubrir la demanda de minerales que hoy en día se ha incrementado, las empresas mineras se han apoyado en la tecnología en busca de un aumento de la eficiencia de sus operaciones extractivas y disminución de costos que conllevan.

II.1. Propósito del estudio

El propósito de este estudio es mostrar todas las herramientas que involucra la implantación de un software minero, identificar la importancia de los cambios que la tecnología a desarrollado en las minas a lo largo de la historia y tener la información suficiente para acercarse a un proyecto como éste.

De igual forma, este estudio puede ser utilizado como una guía para que aquellas empresas que opten por los servicios de una empresa especializada en implantación de software, que conozcan el proceso, ya que una de las herramientas más importantes para lograr el éxito de un proyecto es el conocimiento que se tenga de él.

II.2. Objetivos generales y específicos

Objetivo General:

Presentar una estrategia para la implantación de un software aplicado a la industria minera, que estimule a las empresas a incorporar ésta tecnología en sus procesos, que a su vez sirva como motor de desarrollo en la minería de nuestro país.

Objetivos específicos:

- Promover el desarrollo tecnológico con miras a fortalecer la industria minera mexicana.
- Identificar la importancia que ha tenido el empleo de tecnologías a lo largo de la historia y como ha influido en el desarrollo de la minería.
- Conocer bajo qué principios opera un software minero y cómo este es aplicado de manera general en el desarrollo de una mina.
- Conocer las ventajas y desventajas que conlleva la implantación de un software minero.
- Incentivar a las empresas de la industria minera a adoptar nuevas tecnologías.

II.3. Alcance del estudio

El desafío actual para cualquier empresa es permanecer en el mercado, el reto está en acercar soluciones tecnológicas a la industria que le permita ser más eficiente y generar ahorros a largo plazo, esta tesis se enfoca en implantar la tecnología en forma de software dentro del proceso de modelación geológica y planeación minera.

Dentro de la industria minera se encuentran tres tipos: pequeña, mediana, y grande. Esta tesis no va dirigida a un tipo en específico, busca sentar las bases para que las empresas que no se han acercado a la tecnología tengan un estímulo y puedan implantar lo que actualmente se ha desarrollado para la industria minera en general y para el área operativa en particular, y fijar su mirada en el crecimiento de su organización.

Con esto, se hace un reconocimiento a las empresas que se han preocupado por implementar este tipo de innovaciones en parte de sus procesos o en su totalidad, dando una imagen clara de los beneficios que se tienen al contar con este tipo de herramientas.

La evolución de la industria minera no ha sido de forma equilibrada, ya que en algunas unidades se cuenta con mayor tecnología que en otras, esto permite de manera general observar el panorama de la evolución de la minería con la utilización de este tipo de tecnología.

Para poder tener un panorama con respecto al tamaño de las empresas que son consideradas como pequeña, mediana y gran minería se pueden tomar en cuenta muchos criterios, como por ejemplo:

- Capacidad productiva
- Número de trabajadores
- Productividad
- Mecanización
- Continuidad de Operaciones

La capacidad productiva se refiere a la producción en toneladas por día o por año de mineral que se extrae.

El número de trabajadores, son los empleados y obreros que se encuentran laborando en una unidad minera, esto depende del grado de mecanización de las empresas. Por ejemplo, se pueden tener pocos trabajadores con gran mecanización en los procesos y llamarse gran minería, o tener una gran cantidad de trabajadores en procesos muy rudimentarios y llamarse mediana minería.

La productividad es la relación que existe entre un trabajador para producir una cierta cantidad de mineral y la unidad de tiempo que requiere para lograrlo, está determinado por el grado de mecanización. Este criterio no siempre es aplicable, ya que una unidad minera que produce poco tonelaje puede tener una productividad alta con pocos trabajadores.

Mecanización: Es la aplicación de maquinaria dentro de un proceso para facilitar una tarea.

Continuidad de Operaciones: Cantidad de veces que se adecuan las operaciones al año por cuestiones de mantenimiento, fallas técnicas, condiciones climatológicas, factores de mercado de los minerales.

Se extiende una invitación a las empresas para acercarse a las nuevas tecnologías que permiten que los trabajos de cada día sean más ligeros, facilitando y desarrollando actividades en menor tiempo y con mayor exactitud.

La industria del software minero ofrece muchas alternativas en el mercado desde aplicaciones específicas (modelado geológico) hasta productos que abarcan diferentes áreas para la gestión de recursos en la minería (ERP¹).

En esta tesis, se entiende por software minero aquel que contiene aplicaciones para exploración, modelamiento geológico, diseño de obras y planeación minera.

Todo el software citado en la presente tesis es propiedad de las empresas correspondientes. Éste se utiliza con la finalidad descriptiva y a modo de información y concreción de las explicaciones contenidas, las que definen los diferentes aspectos de la presente tesis y no tiene, por lo tanto, ninguna finalidad propagandística o de carácter promocional siendo su uso exclusivamente académico.

¹ Enterprise Resource Planning (Planeación de Recursos Empresariales).

III. MARCO TEÓRICO

III.1. Fundamentos básicos de las tecnologías de la información

La historia que da origen a las TI² se puede establecer en cuatro fases dependiendo de cómo se realiza la transmisión, codificación y tratamiento de la información³.

La **primera fase** comienza con el lenguaje de los homínidos hace aproximadamente 40,000 años, una de las primeras interacciones humanas relacionadas con el tiempo, puesto que la información se produce en un momento pero permite la acumulación de información.

La **segunda fase**, se relaciona con el uso de gráficos para representar el habla; su uso data de hace 3500 años antes de nuestra era y tiene su momento clave en la aparición de la escritura (IV milenio a. C.), la cual permitió la acumulación y preservación de la información para la posteridad.

La **tercera fase** se fundamenta en la aparición de la imprenta (siglo XV), la cual provocó una auténtica revolución en la difusión del conocimiento haciéndolo accesible a todos.

Por último, la **cuarta fase** se consolida con el uso de los medios electrónicos y la digitalización y, sobre todo, la confluencia de los dos que ha permitido crear entornos de comunicación totalmente nuevos, por lo que se dispone de posibilidades de transmisión de la información casi instantánea y a nivel mundial.

² **Tecnologías de la Información:** es el conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de informaciones, en forma de voz, imágenes y datos contenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética.

³ Adell, 1997.

La información es un conjunto de datos a los que se les a dado un significado o que expresan una idea y la comunicación consiste en la transmisión de mensajes entre personas que permite expresar sentimientos, pensamientos y deseos.

La tecnología es la aplicación de los conocimientos científicos para la facilitar al hombre realizar actividades.

La búsqueda por hacer la vida más fácil y resolver sus necesidades de supervivencia fue lo que impulsó el uso del conocimiento para desarrollar tecnología.

En el diagrama 1, se muestra en resumen la historia que da origen a las TI.



Diagrama 1. Origen y desarrollo de las tecnologías de la información.

Las TI conforman un conjunto de recursos para manejar la información (computadoras, software⁴, y redes), necesarios para convertirla, almacenarla, administrarla y localizarla.

Existen varios tipos de TI⁵:

- **TI sensoriales:** Son aquellas que permiten introducir información a un sistema. Ejemplos de sistemas sensoriales son: ratón, teclado, scanner, etc.
- **TI de análisis:** Son aquellas que permiten transformar la información en un sistema. La información se puede clasificar, totalizar, sumar, calcular. (Calculadoras, software, CPU, etc.).
- **TI de almacenamiento:** Son aquellos que permiten guardar la información del sistema. La información debe ser convertida a un formato apropiado para el medio de almacenamiento (Memorias, discos, etc.).
- **TI de comunicación:** Son aquellas que permiten transmitir la información de un sistema. La información debe ser convertida a un formato apropiado para el medio de comunicación. La información puede ser comunicada a través de ondas de radiofrecuencia, luz infrarroja, señales eléctricas, sonido (Satélites, módems, teléfonos celulares, etc.).

El software es una TI como anteriormente se menciona. Centrando la influencia que ha tenido para el desarrollo de la humanidad es importante saber cómo ha ido evolucionando hasta llegar a tener tanta importancia en muchas actividades dentro de la vida de las personas.

Se entiende por software aquella parte esencial de la computación cuyos orígenes no pueden separarse totalmente de los del hardware.

⁴ m. *Inform.* Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.

⁵ Una TI puede pertenecer a varias clasificaciones al mismo tiempo, pero debe elegirse el uso principal que se le dará. Esto permite quitar ambigüedades sobre todo en aquellas TI que son multiusos. Para trabajar con esta clasificación es necesario tomar en cuenta el contexto donde la TI es utilizada. Recuerde que siempre debe ser información digitalizada.

La historia del software está directamente relacionada con los inicios del cálculo es decir, la necesidad del hombre por contar. Una vez entendiendo algunos conceptos básicos, se vio en la necesidad de realizar operaciones más elaboradas y para situaciones más complejas que no le permitían desarrollar sus actividades de manera adecuada, buscando soluciones prácticas. Inventó símbolos, métodos e instrumentos que le permitieron y facilitaron la solución de problemas más difíciles, como el ábaco que surgió en la antigua China y que llegó a ser una de las principales herramientas de cálculo en la antigüedad.

Si embargo, a partir del siglo XVI, hombres con conocimientos matemáticos desarrollaron máquinas y aparatos que se consideran las precursoras de las computadoras.

Entre ellos se menciona al escocés John Napier⁶ (1550-1617) quien aportó un aparato mecánico que contenía números impresos y realizaba operaciones elementales (sumas, restas, multiplicaciones y divisiones). En la figura 1 se muestra el ábaco rabdológico de Napier.

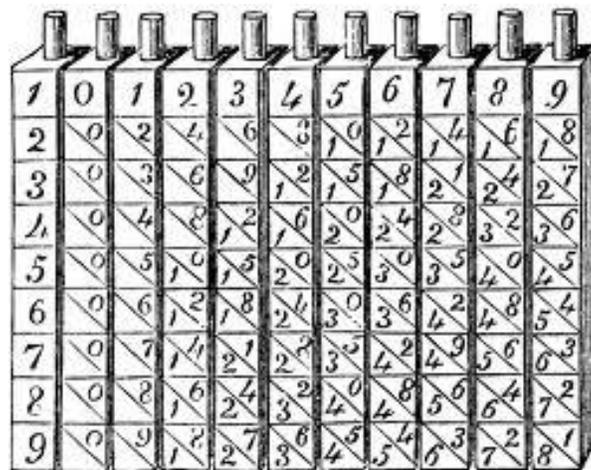


Figura. 1 Abaco rabdológico de Napier

⁶ <http://www.croninsolutions.com/writing/JohnNapier.pdf>

Otro de los grandes aportadores fue Blas Pascal (1632-1662) de origen francés quien diseño una máquina que sumaba y restaba mediante palancas y engranes, pero el alemán Gottfried Wilhelm Von Leibnitz (1646-1716) la mejoró realizando un calculador que utilizaba el sistema binario.

El desarrollo continuó durante muchos años con las grandes aportaciones de matemáticos y científicos como la de Charles Babbage⁷ (1793-1871) quien diseñó una máquina analítica que permitía la entrada y salida de datos por medio de tarjetas perforadas o como Howard Aiken con su aportación de la Mark I.

Durante la Segunda Guerra Mundial, se desarrolla la primera computadora electrónica digital cuyos objetivos consistían en tener mayor exactitud en los cálculos para aumentar la precisión de los tiradores.

Con el surgimiento de la EDSAC (Computadora Automática de Almacenamiento Electrónico, 1949) figura 2, se crea la primera computadora electrónica con programa almacenado y el uso de la aritmética binaria codificada, introducida por John Von Neumann, fue la base para pasar de la calculadora a la computadora.

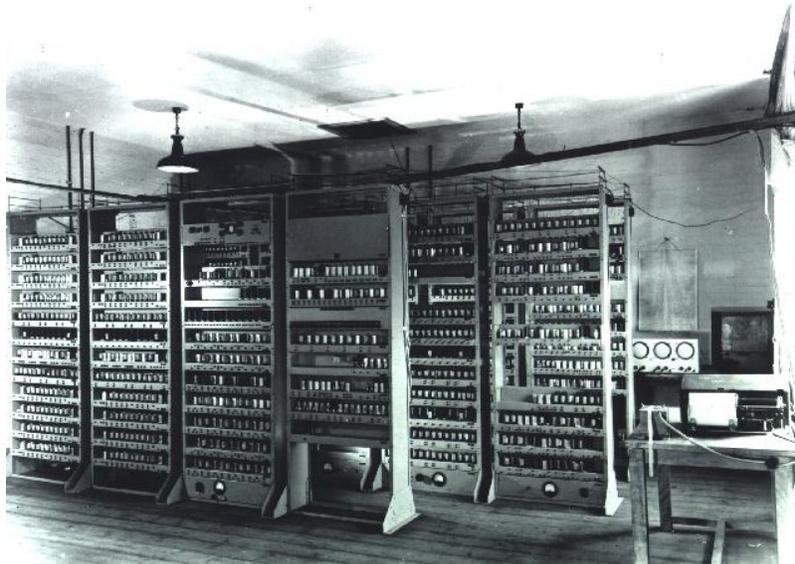


Figura 2. EDSAC (Computadora Automática de Almacenamiento Electrónico).

⁷ http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/babbage_charles.shtml

Hasta estos momentos, las computadoras sólo pertenecían a la ciencia, la ingeniería y la industria militar. Sin embargo, llegó el tiempo para que las industrias participaran en la producción y esto promovió la evolución de las computadoras, la cual se divide en tres etapas como se muestra en el diagrama 2;

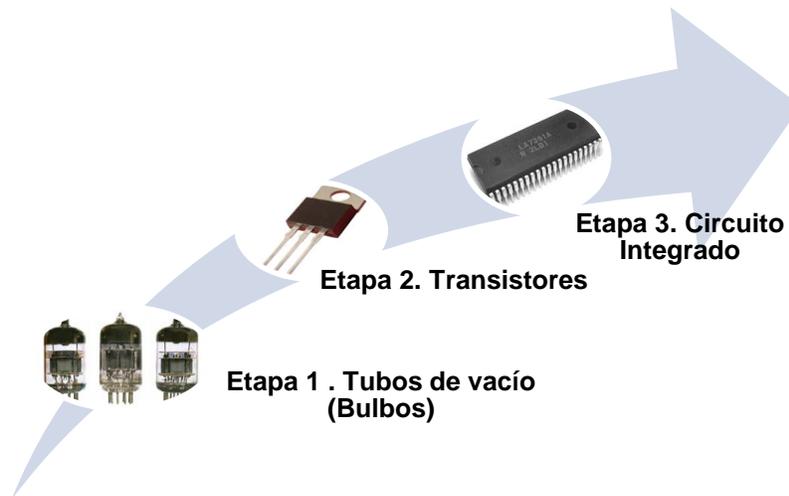


Diagrama 2. Evolución de las computadoras.

La evolución del software va de la mano del hardware. El hardware esta constituido por todos los componentes físicos (mecánicos, magnéticos, eléctricos y electrónicos incluyendo los elementos periféricos).

La aparición del software se atribuye a la primera computadora automática de almacenamiento electrónico, creada por Neumann en 1949 que permitió el desarrollo de una serie de computadoras del mismo tipo.

La utilización de este tipo de software estaba limitada al empleo de un solo tipo de computadora, esto permitió el desarrollo de nuevas computadoras de uso masivo.

El diagrama 3 muestra la evolución del software, la cual se encuentra dividida en cuatro grandes periodos⁸.

⁸ De acuerdo a Mochi Alemán (2006:49).

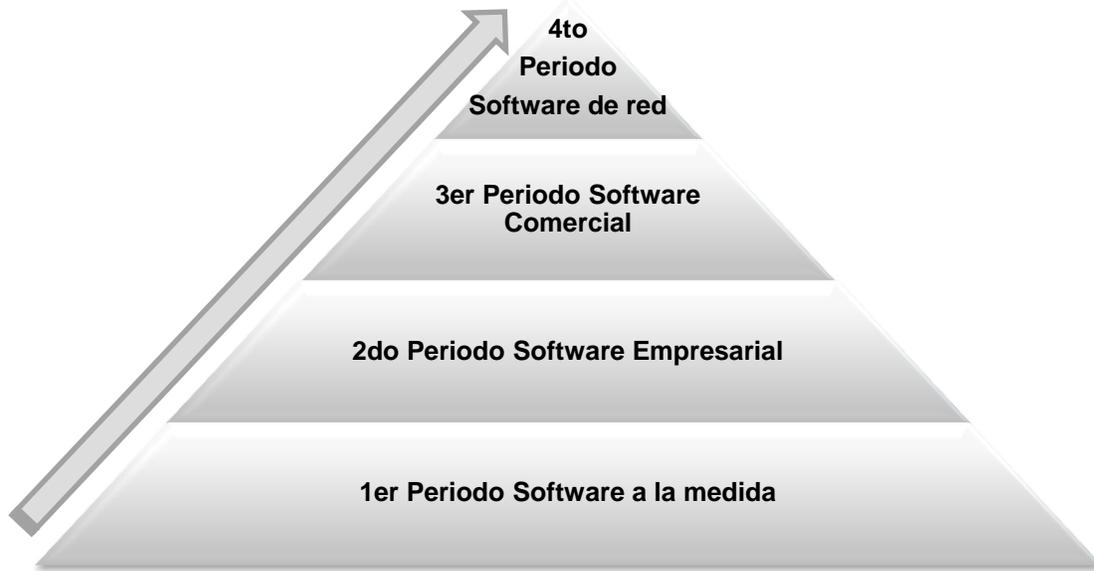


Diagrama 3. Evolución del software

1er periodo: Se caracteriza por la fabricación de software de manera complementaria, ya que lo que se quería vender eran las computadoras. En este mismo periodo aparecen servicios a la medida de los usuarios, es decir, buscando satisfacer necesidades específicas.

Todos los proyectos fueron financiados por el gobierno de los Estados Unidos con fines científicos, tecnológicos y bélicos, permitiendo al país convertirse en uno de los más grandes productores de este tipo de tecnología, situación que se mantiene hasta la fecha.

El negocio del software independiente comienza con la primera generación de computadoras comerciales a principio de los años cincuenta (siglo XX), con la Univac I, que generó un mercado de servicios de software en estos mismos años gracias a la creciente demanda del mercado y los pocos recursos de los usuarios, permitiendo que surgiera la primera empresa de software independiente, la CUC (Computer Usage Company). Hasta entonces, las empresas que elaboraban hardware distribuían de manera gratuita el software; con esto comenzó la denominada “*era de los servicios profesionales*”, es decir, software altamente especializado cubriendo las necesidades del cliente.

2do periodo: Se caracteriza por la constitución de una industria independiente de software básico (sistemas operativos y aplicaciones). Esto posibilita la aparición de las minicomputadoras. Se comienzan a multiplicar las compañías desarrolladoras de soluciones para las empresas en una modalidad llamada “agencias de servicios”.

En 1972 se inicia el funcionamiento del correo electrónico (e-mail). La primera empresa que diseña una computadora personal en la historia fue Apple.

3er periodo: Hacia 1982 los productores de software se incrementaron en más de 33%. El valor agregado se concentró sobre todo en el software, más que en la plataforma que lo sostiene (hardware), y se volvió consumo de masas destinado a personas no expertas en informática, al brindar funcionalidades convencionales y útiles para todos.

Surge la revolución de las computadoras en la década de los ochentas del mismo siglo, la cual acelera el crecimiento de las ventas de software, que en 1988 era de 50% y en 1993 llegó a 75% con respecto a las adquisiciones de computadoras.

En resumen, este periodo se caracteriza por cuatro factores:

- a) Desarrollo de software empaquetado
- b) El fin de la integración vertical de la industria de la computación
- c) La aparición de un sistema operativo dominante (MS-DOS, Windows).
- d) Por la rápida diversificación del software de aplicación basada en dicho sistema operativo.

4to periodo: Su característica principal es el advenimiento de Internet y el desarrollo de software básico de red y la www⁹, con nuevas tecnologías básicas como HTML¹⁰, que opera a partir de todo tipo de plataforma.

⁹ World Wide Web (red informática mundial).

¹⁰ HyperText Markup Language (lenguaje de marcado de hipertexto)

Se desarrollan los programas que proporcionan servicios de aplicación desde Internet, disminuyen sustancialmente los costos de producción, reproducción y distribución del software.

Con el auge de las computadoras, los servicios de información y los sistemas electrónicos programables; los productores y vendedores de software como bienes finales han tenido éxito.

La nueva tendencia en el desarrollo de la industria del software parece proporcionar una nueva base tecnológica sustentada en el software de aplicación a partir de la red.

Entonces, desde que Steve Jobs y Stephen Wozniak, fundadores de Apple, vieron la posibilidad de obtener una utilidad con la venta de computadoras de información de uso doméstico, comenzó la carrera por la venta de sistemas operativos.

Esta idea se materializó para Bill Gates y Paul Allen, que comenzaron a vender algo intangible que hasta entonces sólo conocían las universidades y centros de investigación o en empresas dedicadas a la innovación tecnológica. La venta de software a nivel masivo había comenzado.

El software hoy en día es ampliamente conocido en todo el mundo; sin embargo el primer software tardó muchos años en conocerse y se diseñó con el fin de resolver problemas de cálculo por métodos numéricos, almacenamiento de datos y otras necesidades propias de los investigadores o de los mismos creadores.

Debido al auge comercial de las computadoras, el software se convirtió en un elemento de importancia ya que las TI se desarrollaron de manera muy rápida para satisfacer las necesidades de los usuarios domésticos o, de manera aún incipiente, de las empresas.

Con todo, hoy en día las necesidades de muchas organizaciones ven como opción la implantación de nuevas TI en sus procesos o, más drásticamente aún, no

perciben sus actividades sin el uso de software y hardware tanto genérico como especializado. Con el desarrollo del software, las empresas de tecnología han tenido que satisfacer de manera particular problemas generales dando como resultado su crecimiento así como el desarrollo de soluciones para casi todo tipo de industria o sector.

En la actualidad el diseñar, mejorar y/o implantar nuevos productos tecnológicos se ha convertido en una pieza importante para la competitividad de las empresas. Con estos nuevos productos tecnológicos, se facilita la realización de tareas específicas, con mayor velocidad y mejor calidad, permitiendo a las empresas satisfacer las necesidades de sus clientes con sus productos. Al capacitar a sus empleados, las empresas difunden la vanguardia tecnológica y obligan a sus competidores a acercarse a ellas.

III.1.1. TI en la minería

Se debe tener en cuenta que la mejora en la eficiencia a lo largo de la historia en los procesos de extracción de minerales ha sido posible gracias a la incorporación de nuevas tecnologías. El incremento de la cantidad de información y su almacenamiento como la digitalización de los servicios son las principales tendencias que siguen las tecnologías de la información.

En medio de un panorama económico difícil, las empresas mineras se enfrentan al reto de sobrevivir en un entorno muy competitivo y sólo aquellas que estén dispuestas a invertir en herramientas como TI serán las que permanezcan en el mercado generando una ventaja competitiva.

En la minería la solución de problemas es abordada desde dos perspectivas:

- La optimización¹¹ de las operaciones actuales sin cambios significativos en la forma de trabajar, como por ejemplo el mantenimiento predictivo de los equipos.
- La búsqueda de nuevas maneras de hacer minería, que incluye nuevos procedimientos.

Las tecnologías de la información permiten la transformación de la sociedad. De este modo, la incorporación de innovaciones y de tecnologías nos brinda herramientas para aumentar la productividad y eficiencia dentro de los procesos.

III.1.2. Niveles de innovación en la implantación de las tecnologías de la información.

Las empresas han tratado de dar un enfoque diferente en la incorporación de una nueva tecnología o innovación y la industria minera no es la excepción.

Para el caso de implantación de TI en la industria se distinguen al menos tres niveles de innovación, clasificados según el riesgo, la toma de decisiones de adquisición y el grado de innovación.

Dentro del **primer nivel**¹² se encuentran las TI de mercado, la adquisición de estas se hacen de manera segura, se toman como base organizaciones que están asentadas en el mercado, que ya usan este tipo de tecnologías y que han obtenido mejoras dentro de sus procesos, mostrado resultados positivos desde su implantación.

Los ejemplos son la adquisición de un nuevo software, un nuevo controlador lógico, nuevos sensores que vienen a remplazar los anteriores o se adaptan a los existentes. La decisión de la adquisición de este tipo de tecnologías se hace por

¹¹ La optimización es mejorar la realización de una actividad en un menor tiempo con un menor costo.

¹² Este nivel es la materia de estudio a la que va enfocada esta tesis.

un equipo de trabajo con conocimientos del proceso en el que va a intervenir la adquisición.

En el **segundo nivel** se encuentran las TI aplicadas a problemas puntuales, generalmente sin ser vitales para los procesos. Estas no siempre se encuentran en el mercado y se enfocan a la solución de aspectos específicos de una organización o de la producción.

Puede tratarse de un nuevo software que contribuye a innovaciones. Estas innovaciones se incorporan las tareas pero no son vitales para los procesos productivos. Esto significa que una falla en la tecnología no paraliza los procesos de producción.

Como ejemplo, la implementación de un software de control de acceso a un sector del trabajo, que muestra imágenes y registros digitales para garantizar la seguridad de los empleados, o la incorporación de sensores a camiones de mina para disminuir los accidentes.

El requerimiento para esta innovación es de más alto rango, ya que se lleva a niveles corporativos, introduciendo rangos más exigentes tanto de compatibilidad como para el proceso de evaluación económica, separándose de las innovaciones probadas.

El **tercer nivel** lo forman las TI que cambian la forma de realizar tareas dentro de un proceso. Este nivel representa un progreso en las grandes mineras. Los problemas requieren soluciones innovadoras, cambiar la manera de realizar los procesos que actualmente se realizan por métodos sofisticados y modernos.

Actualmente las industrias mineras buscan la sistematización y robotización de sus procesos con la implantación de nuevas tecnologías que faciliten su desarrollo.

En este nivel, la toma de decisiones es más importante con respecto de los anteriores, en este se sigue una lógica distinta.

En la tabla 1 se muestra un resumen de los niveles de implantación de TI:

Nivel	Descripción	Decisión	Ejemplo
Comerciales	Soluciones probadas	Gerenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Software de gestión. • Sistemas de control
A la medida	No probados	Corporativo	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores
Drásticas	Cambios radicales	Corporativo	<ul style="list-style-type: none"> • Robotización • Automatización

Tabla 1. Niveles de implantación de TI en minería

Las siguientes son aportaciones que brinda la implantación de TI:

- Fácil manejo de información
- Almacenamiento de gran cantidad de información.
- La automatización de trabajos
- Digitalización de los datos

Obstáculos que enfrentan las TI:

- Problemas técnicos, equipos lentos, poca resolución.
- Falta de conocimiento en la utilización de equipos.
- Problemas de seguridad, acceso a la información de manera preferencial.
- El gasto de mantenimiento en equipos y actualizaciones puede ser alto.
- Idioma en que se manejan los paquetes o tecnologías.
- Compatibilidad de programas.

Con la evolución de las TI, estas se han convertido en un mecanismo crítico para hacer eficientes los procesos, bajar costos, disminuir tiempos.

El aprovechamiento de las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, permitirá aspirar a un desarrollo que tiene como característica fundamental la capacidad para obtener, compartir y procesar información, sabiendo que se la

industria se encuentra en un momento estratégico para un gran desarrollo en el cual se pueden obtener beneficios económicos (incremento de la productividad y de la competitividad).

El acceso a las nuevas tecnologías no garantiza en absoluto un desarrollo potencial de los procesos en los cuales se encuentren involucradas, si estas no incluyen el conocimiento para el logro de los objetivos de desarrollo. Las aplicaciones TI pueden apoyar el desarrollo sustentable en las empresas, la educación y la capacitación, el medio ambiente, etc.

Ante la necesidad de obtener procesos más eficientes, con menor costo y en menor tiempo, es imprescindible la adquisición, desarrollo y aplicación de tecnologías de apoyo al diseño e ingeniería.

Se encuentran tecnologías desarrolladas especialmente para los procesos de optimización que son una clave importante para el desarrollo de la minería del siglo XXI, que necesita cada día la integración de nuevas tecnologías para su desarrollo.

Las organizaciones trabajan como un conjunto y para ello utilizan las herramientas tecnológicas necesarias que les permitan realizar sus tareas y llegar a los objetivos planeados. Se valen de recursos humanos, sistemas de control, sistemas de planeación.

Los sistemas de gestión empresarial, se diseñan para facilitar las tareas administrativas de la empresa. Mediante el sistema de gestión empresarial se consigue automatizar los procesos administrativos y al mismo tiempo se facilita la utilización de todos los recursos disponibles en la empresa.

Los sistemas de control de producción ejecutan la planeación, vigilan los procesos descubren y corrigen irregularidades en los mismos.

El control de la cantidad se concentra en la entrega de la producción deseada dentro del plazo esperado. A este respecto, la función de control, es la fase activa

de la producción. Los planes se convierten en avisos de acción que indican exactamente qué trabajadores y maquinas operarán, cuales serán las operaciones y cuándo se deben realizar. Luego se comparan las acciones con el comportamiento planeado a fin de tener la retroinformación necesaria para planear de nuevo o para iniciar acciones correctivas.

Los sistemas especialistas en la minería integran y automatizan muchas de las prácticas asociadas con los aspectos operativos o productivos, diseño y automatización de los procesos en la mina, tomando como base los sistemas anteriores y apoyándose de ellos, en estos sistemas se desarrollan una serie de tareas que llevan a una optimización de resultados.

En el diagrama 4 se muestra el conjunto de áreas en las que la tecnología forma parte en diferentes procesos dentro de una unidad minera.

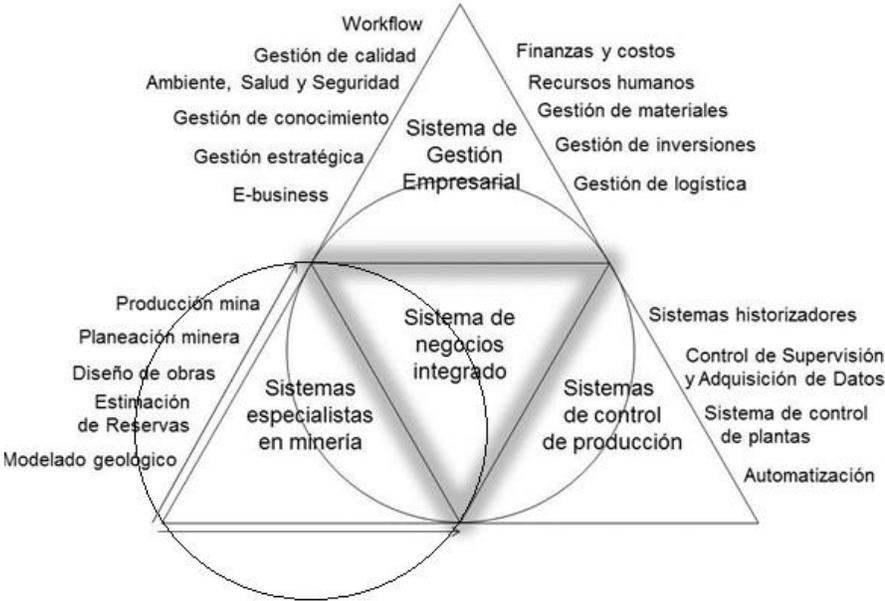


Diagrama 4. TI que forman parte de una unidad minera

El software minero¹³ es uno de ellos, el cual está integrado por las siguientes etapas:

- **Modelado geológico:** es una representación gráfica de un modelo de rocas presentando las características de interés, es decir, mineralogía, litología, alteración y características del macizo rocoso.
- **Modelado de Bloques 3D:** Permite la cubicación, y la caracterización de los modelos.
- **Estimación de Recursos y Reservas:** es la suma de mineral probado y probable existente en un yacimiento que es económicamente explotable. Uno de los aspectos básicos y una de las labores más complejas y de mayor riesgo económico en las que puede verse implicado un geólogo: la estimación de reservas.
- **Diseño de obras mineras:** permite minimizar tiempos, evitar accidentes, planear accesos y visualizar las obras de una manera más analítica, ya que con esto se realiza una toma de decisiones que resulte en un mejor desarrollo del minado.
- **Planeación minera:** permite ejecutar de manera ordenada los procesos de explotación ya que se lleva a cabo la predicción de los cambios o ciclos dentro de la mina, un adelanto de los posibles sucesos, una dirección de la explotación.

En el diagrama 5 se muestra el conjunto de etapas que puede abarcar un software minero y que se realizan en una mina. Con la correcta ejecución de estos se realiza una explotación eficiente.

De igual forma existen software complementarios que permiten la realización de actividades auxiliares dentro de la explotación de minas; en la tabla 2 se muestran los softwares que atienden directamente el proceso de producción y los que se encargan de auxiliar los servicios dentro de la explotación.

¹³ Se entenderá como software minero al conjunto de aplicaciones enfocadas a apoyar actividades como modelamiento geológico, estimación de reservas, diseño de obras y planeación minera.



Diagrama 5. Etapas en las que interviene un software minero

Software de mina	Softwares auxiliares
Datamine	Ventsim
Minesight	Mine2-4D
Surpac	Geo-Rock
Vulcan	Minesched

Tabla 2. Software de minería

III.2. Desarrollo histórico del modelado geológico y el diseño de obras mineras

Desde los orígenes de la civilización, las personas han intentado suplir en sus actividades el esfuerzo humano mediante artefactos mecánicos y dispositivos de control automático. A partir de la revolución industrial, la necesidad de aumentar la eficacia de los sistemas, incrementar la productividad y de mejorar la calidad de los productos ha dado lugar a fenómenos tales como la automatización.

La automatización es un proceso que se puede comprender a partir de la definición que nos da el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española:

“Automática: Ciencia que trata de sustituir en un proceso el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos.”¹⁴

En casi todas las actividades humanas actuales existen dispositivos que ayudan al desempeño automático de tareas que antes realizaban de manera manual. Las computadoras juegan un papel fundamental como elementos que procesan la información de manera automática en tareas repetitivas previamente programadas sustituyendo al operador.

La importancia de la historia del software minero permite entender el proceso por el cual ha evolucionado y que contribuciones se pueden esperar de la tecnología en el futuro.

En el capítulo anterior se mostraron los fundamentos básicos de las TI, hasta llegar a la aplicación de estas en la industria minera y las soluciones típicas que a la fecha han sido desarrolladas. Sin embargo, no sería justo continuar adelante sin hacer un recuento histórico de las técnicas aplicadas en la ingeniería en ciencias de la tierra y específicamente en la industria minera antes de que estas tecnologías existieran.

¹⁴ Real Academia de la Lengua Española.

Quizá una de las primeras formas de ilustrar la explotación minera se encuentra en el libro *De re metallica* (figura 3), del alquimista, químico y mineralogista alemán Georg Bauer (Georgius Agrícola), que muestra los procesos de extracción de minerales de manera gráfica, siendo ésta una de las herramientas más indispensables para la minería y su desarrollo.



Figura 3. Representación gráfica de la explotación minera subterránea (siglo XVII).

Al igual, trazar cartas geográficas fue toda un arte, que requería mucha técnica y que forma parte de la historia de la minería, ya que mediante estas la exploración no se hubiera desarrollado de igual forma.

La cartografía (fig. 4) es la ciencia que se ocupa de los mapas y su realización. Desde que el hombre emprendió grandes viajes en busca de nuevos lugares, se dio cuenta de las extensiones territoriales y comenzó a elaborar cartas geográficas de los lugares que veía, permitiendo tener un panorama del recorrido, la distancia y las ubicaciones, a grandes rasgos, de los sitios encontrados. Con esto se iniciaron muchas exploraciones para poder delimitar las extensiones de la Tierra y de los territorios.



Figura 4. Cartografía mapamundi (siglo XVI).

Desde la antigüedad¹⁵ y hasta hoy día, los mapas han servido de guía para las exploraciones proporcionando una herramienta fundamental que permite tener una información más clara de los lugares, sus condiciones climatológicas, la geología del relieve, flora, fauna, etc.

Con ello se creó una gran cantidad de información y herramientas de especial importancia para los geólogos, dado que, al utilizarlas, aportaron, en los lugares ya explorados, levantamientos geológicos más detallados de otras características de la zona tales como: la paleografía, estratigrafía, mineralogía, geología estructural.

Toda esta información fue registrada para posteriormente documentarse en planos geológicos que hoy en día muestran una distribución geológica, estratigráfica, tipos de rocas, formaciones, morfología y edades geológicas, por citar algunos ejemplos. Estas aportaciones a la ciencia conceden, que hoy en día, se cuente con mucho material para realizar exploraciones para la búsqueda de yacimientos que puedan contener minerales económicos.

¹⁵ Los mapas más antiguos que se conocen son unas tablillas babilónicas de hace unos 5,000 años

Antiguamente los levantamientos eran muy rudimentarios. La mayoría de la información que se recolectaba se plasmaba en planos que permitían la visualización de la geología y morfología del lugar.

La lectura de planos, la ubicación exacta de las formaciones geológicas y la simbología que se utiliza en los planos geológicos, permiten al geólogo realizar exploraciones más exactas de las zonas de interés teniendo como resultado el encontrar yacimientos minerales que pueden ser de interés económico.

Durante la exploración minera, se realiza una compilación de datos que permite conocer las características de la región. En caso de contar con planos geológicos que den acceso a más detalles del sitio, se lleva a cabo una toma de muestras, las cuales son etiquetan sobre el lugar de exploración para poder tener un control de la información obtenida, después se realizan ensayos en laboratorio para obtener datos cuantitativos de los minerales que se investigan. En esta actividad, se perforan barrenos a diamante que permiten tomar muestras del interior de la corteza y con estas, conocer la profundidad de los yacimientos minerales asociados, la forma del cuerpo mineralizado, etc.

Posteriormente se lleva a cabo la correlación de datos, que consiste en plasmar la información encontrada en planos (fig. 5) para formular una primera idea del yacimiento. En estos planos se especifica el tamaño del yacimiento a escala y se muestran las características geológicas, las propiedades y la forma del yacimiento. Una vez teniendo todo lo anterior, se comienzan a realizar modelos que permitan tener un panorama más amplio del yacimiento.

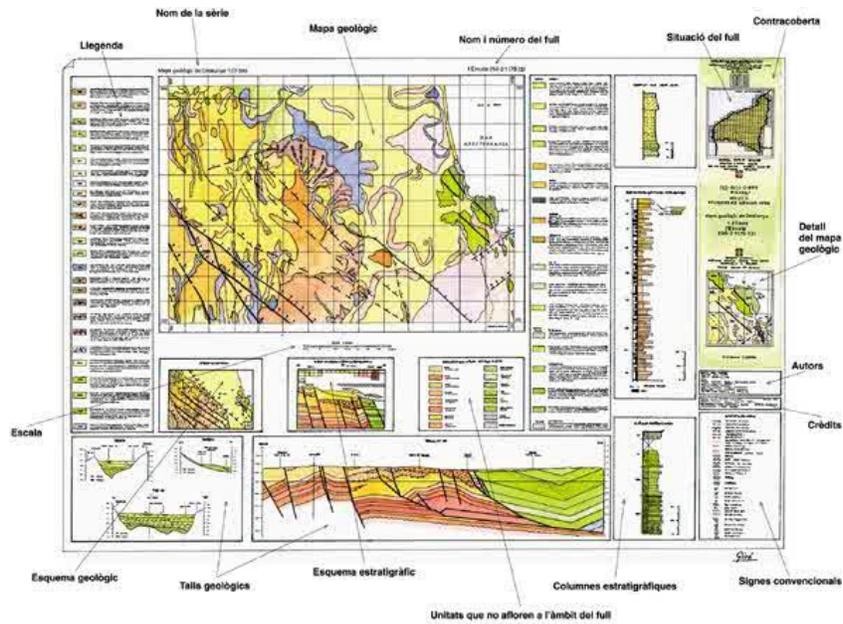


Figura 5. Plano geològic.

La modelación es una representación gráfica de un conjunto de datos que representan un prototipo. Es una forma de explicar el entorno de una manera gráfica y representativa. En el diagrama 6 se muestran los tres tipos de modelación:

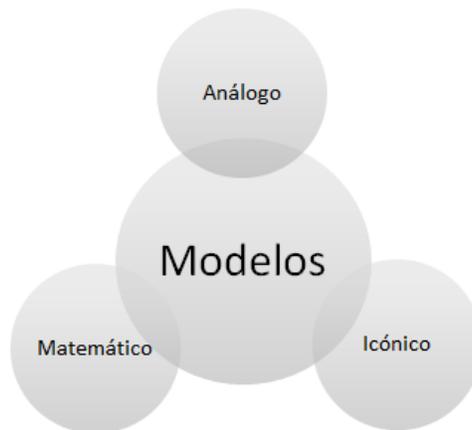


Diagrama 6. Tipos de modelos.

- Análogo (fig. 6) también llamado analógico o modelo físico práctico: consiste en una representación física de un objeto o proceso para entender mejor su origen, formación o funcionamiento.



Figura 6. Modelado de capas geológicas en Instituto Geofísico AS CR, República Checa

- Icónico (fig. 7): Como su nombre lo indica, un ícono es una representación gráfica que mantiene una relación de semejanza con el objeto que representa. Suele tratarse de modelos a escala, bidimensionales y con cambio de colores. También se utilizan dibujos o maquetas del objeto real que permitan tener una visualización gráfica del entorno que se quiere representar.

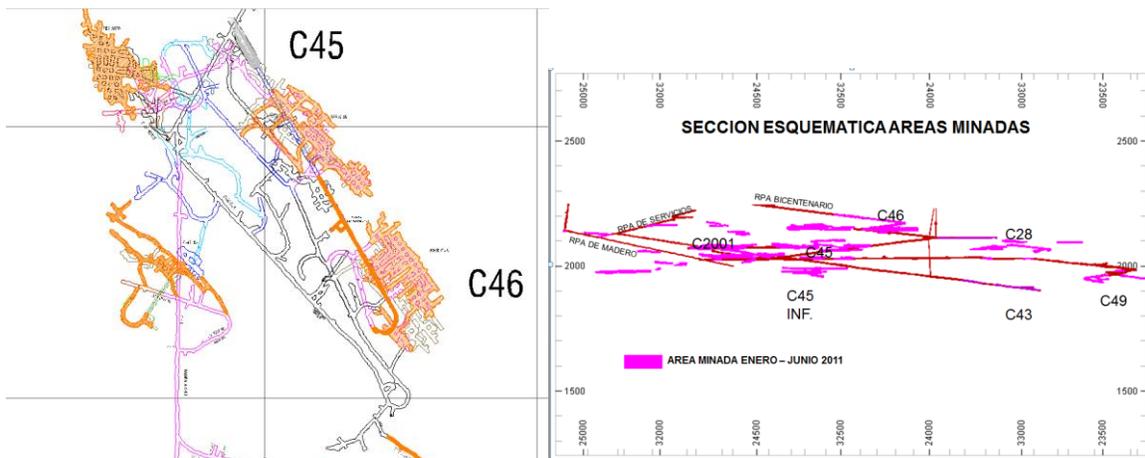


Figura 7. Modelación icónica (Plano y sección de obras mineras subterráneas).

- Matemático (fig. 8): Son ideas abstractas que se explican mediante modelos matemáticos ecuaciones números letras que representan leyes físicas, que se cree gobiernan el modelo.

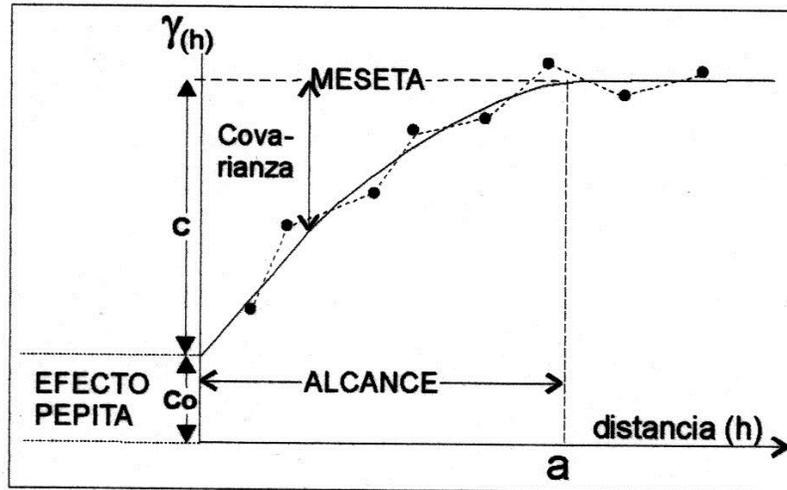


Figura 8. Modelo matemático (semivariograma).

Los modelos son muy utilizados por algunos geólogos para representar diseños y resolver cuestiones en tres dimensiones con alto grado de complejidad.

En la interpretación antigua de yacimientos minerales, la modelación se realizaba en planos, indicando las características del yacimiento. Se elaboraban maquetas (fig. 9) representativas que daban una mejor visualización del modelo y con esto se realizaban informes. Sin embargo, este tipo de representaciones no son fáciles de realizar, ya que realizar un modelo en tres dimensiones, si no se ha visualizado, es bastante complicado.



Figura 9. Maqueta geológica articulada

Estas maquetas pueden también construirse con secciones verticales y horizontales en lugar de planos de planta o con una combinación de ambos.

La selección del ángulo, para realizar la maqueta, debe ser el más apropiado que muestre de manera más clara los rasgos geológicos y característicos del modelo, por ejemplo cuando se trata de vetas es más claro cuando en el modelo se coloca el buzamiento real, esto da mejor orientación y permite ver con más detalle las características.

Hasta estos pasos la construcción de la maqueta es mecánica y matemática excepto en la selección del ángulo.

Se utilizan sombras y algunas habilidades extras que permiten que el modelo tenga una mejor vista.

Otra forma es, en una tabla con agujeros se insertan palillos de colores estos representan los diferentes minerales, roca estéril, estos palillos representan el barreno y muestran distancias de corte de mineral, profundidad, secuencia del yacimiento.

Los modelos para obras mineras también se pueden elaborar en maquetas (fig. 10), con estas se puede visualizar de manera tridimensional las obras, cuando lo que se pretende representar sean avances, desarrollos, obras, estas se realizan en solido permitiendo, ver volúmenes con una mejor apreciación.

La representación de sólidos se usa mucho para las obras mineras, se fabrican con diferentes materiales que permitan que los volúmenes se vean claros y adecuados para la fabricación de la maqueta.



Figura 10. Maqueta de una mina (Deutsches Museum)

Otra manera es utilizando hojas transparentes (fig. 11), se dibujan sobre estas las obras y se cortan las zonas apropiadas para una mejor visualización.



Figura 11. Maqueta de un yacimiento mineral con acetatos.

En las representaciones geológicas se usan más los modelos en esqueleto, estos son en placas; consisten de una serie de placas, una en cada nivel colocadas a intervalos apropiados en horizontal la geología y las obras mineras se dibujan sobre las placas como si fueran planos, que se iluminan con bombillas o tubos fluorescentes colocados en la base del modelo bajo una placa de cristal esmerilado o bajo una placa cubierta con un papel blanco opaco para dar una luz difusa; por lo general este tipo de modelos sólo se realiza con placas horizontales, pero algunos ingenieros las fabrican con placas verticales transversales permitiendo tener mayor perspectiva del modelo.

Los modelos temporales se dibujan sobre hojas de cartón, en estas se cortan ventanas que permiten ver el yacimiento en secciones.

Otros modelos se hacen con hojas de celuloide, las ventajas de estas es que pueden pegarse con silicón, se adhiere mejor la tinta que en el cristal pero es menos rígido y tiende a doblarse y no es muy apropiado para modelos permanentes.

Un modelo de estos es útil para representar una mina completa a escala o algunas partes de mayor interés, un modelo mayor puede construirse con un conjunto de celdas; este modelo es muy apropiado ya que puede desmontarse y actualizarse o como mejor convenga.

Como se ve la interpretación de la información es de gran importancia. En minería se desea tener un modelo geológico adecuado, minimizando los errores en el análisis de la información, tomando datos de manera correcta e interpretándolos de la misma forma.

El desarrollo de la tecnología en la industria minera, permite que la modelación sea más sencilla; las técnicas de computación y software especializados realizan interpretaciones, secciones, modelaciones de manera rápida, esto permite un mejor manejo de datos, la visualización se hace en tiempo real.

Con la rápida evolución de los sistemas (CAD¹⁶/CAM¹⁷) que son sistemas de diseño y manufactura asistida por computadora, se permitió diseñar por medio de sistemas informáticos.

Esto evolucionó la manera de elaborar procesos ya que con la necesidad de mejorar la calidad, bajar los costos, minimizar los tiempos de diseño y producción, fue una solución que permitió resolver este triple problema, integrando los procesos para reducir costos, tiempo, dinero.

El CAD es un instrumento para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. Toda aplicación que incluya una interfaz gráfica, realice alguna tarea de ingeniería se considera como base del software CAD. Esta abarca desde herramientas de modelación geométrica hasta aplicaciones para medida del análisis u optimización de un producto específico.

Con esto, se tiene una gran variedad de herramientas para la modelación hoy en día análisis de tolerancias, cálculo de propiedades físicas (masa, volumen, etc.)

El termino CAD se puede definir como el uso de sistemas informáticos en la creación, modificación, análisis u optimización de un producto. Dichos sistemas informáticos constarían de un hardware y un software.

El termino CAM se puede definir como el uso de sistemas informáticos para la planeación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción.

Un software que tienen como fundamento esta base es el Auto CAD. Hoy en día es muy utilizado en muchas industrias incluyendo la industria minera (fig. 12), dando una herramienta para realizar planos, secciones, modelos, etc.

¹⁶ CAD “Computer Aided Design” o diseño asistido por computadora

¹⁷ CAM (Computer Aided Manufacturing) o manufactura asistida por computadora

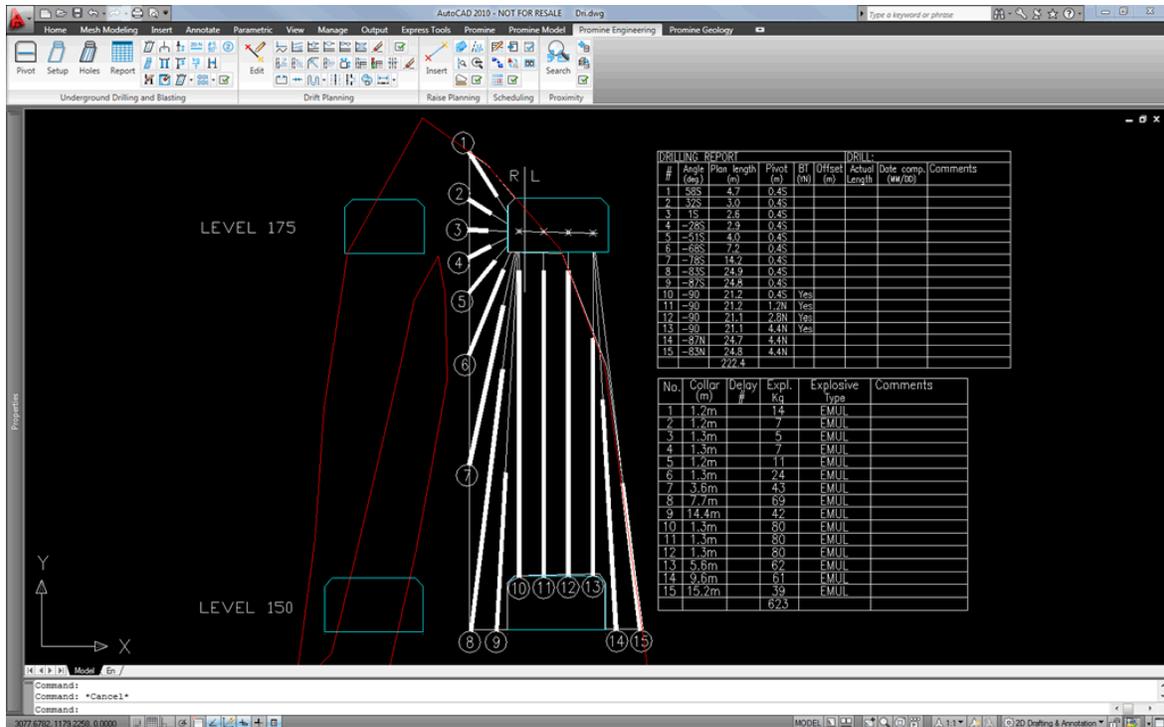


Figura 12. Diseño de barrenación en abanico en Autocad Promine.

Esto permitió el crecimiento del software especializado en la industria minera tratando de satisfacer necesidades particulares en la solución de problemas.

Según el artículo llamado “Integration – The road to increased Productivity” Cheeseman se muestra que el software minero se ha desarrollado considerablemente desde la década de los 60's del siglo XX, pudiendo identificar cinco etapas (fig. 13) de desarrollo, modelamiento de recursos mineros, modelamiento de bloques mineros en 3D, modelamiento geométrico y visualización en 3D, programación y optimización y la última que ha sido llamada la etapa de integración.

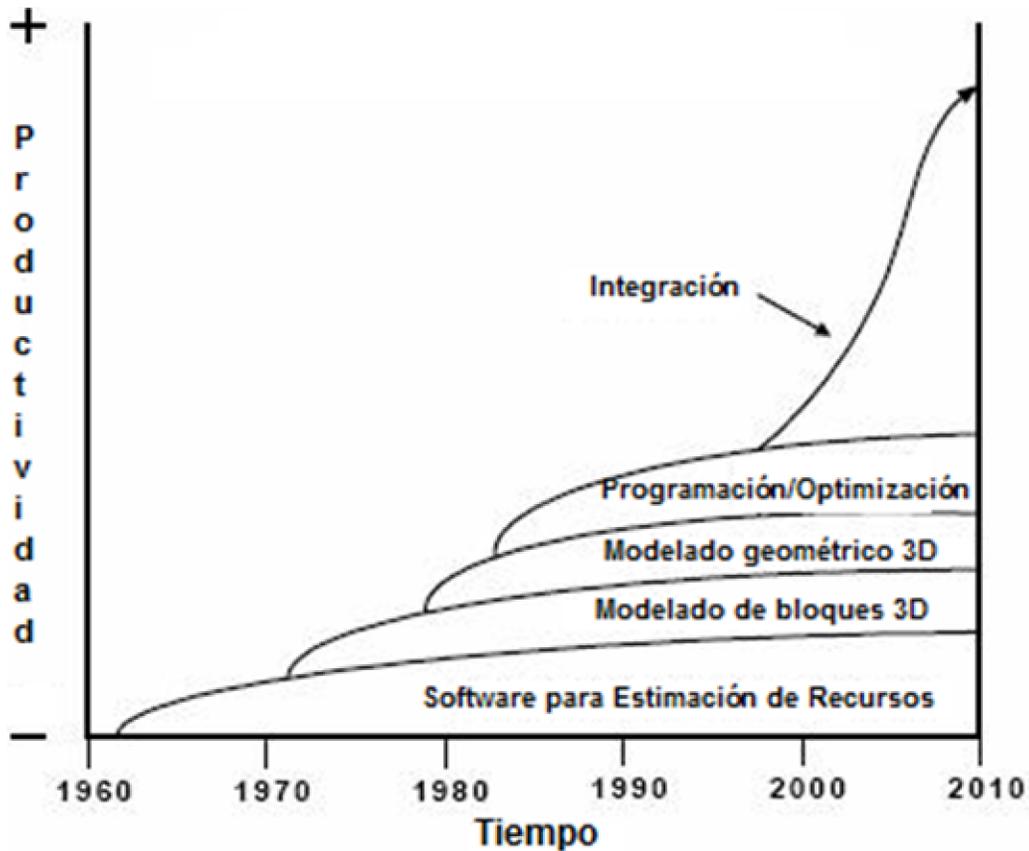


Figura 13. Etapas de desarrollo del software minero.

Primera etapa: esta se da con la aparición de software de modelación de recursos y reservas mineras (figura 14), facilita las estimaciones de tonelaje y ley de los yacimientos, dando más rapidez en la toma de decisiones para la evaluación de la rentabilidad de un yacimiento.

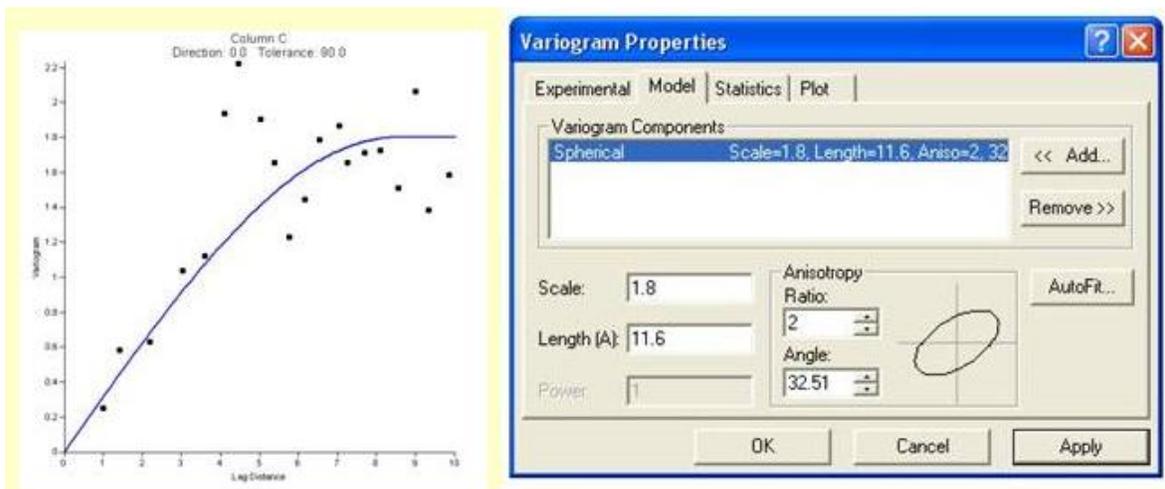


Figura 14. Software para estimación de reservas mineros.

Segunda etapa: Tiene como aportación la modelación de bloques 3D (figura 15), aprovechando los análisis geoestadísticos para la modelación de reservas. Gracias a esto se tienen una estimación más exacta de las reservas de un yacimiento y una mayor confianza en los resultados.

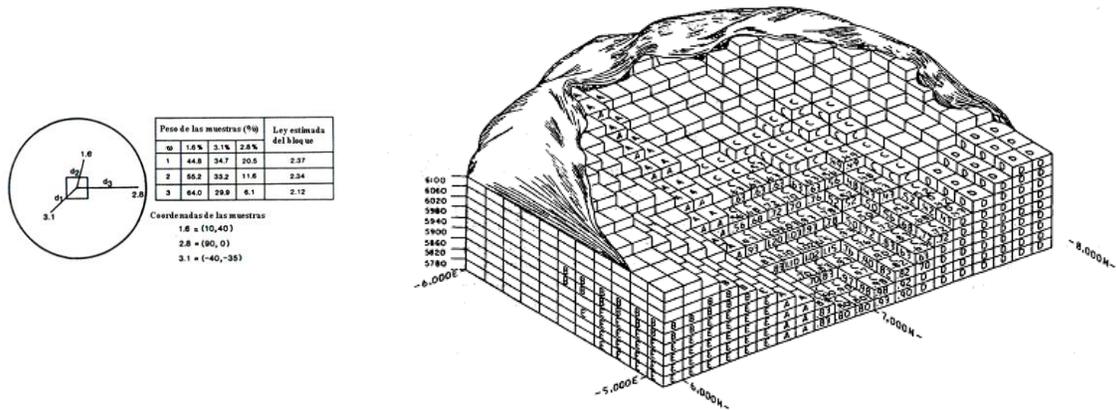


Figura 15. Modelo de bloques 3D

Tercera etapa: En esta aparece el modelamiento geométrico y visualización 3D (figura 16), tomando una nueva forma de creación de modelos construidos con base en equipos de cómputo, da una herramienta de gran ayuda a los geólogos y mineros que ahora podían modelar visualmente estructuras geológicas como objetos 3D.

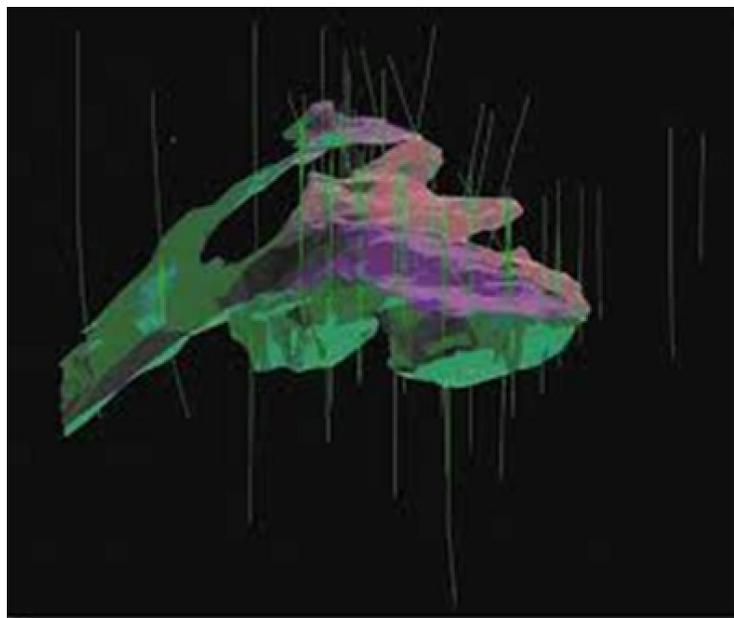


Figura 16. Modelo geológico 3D

Cuarta etapa: Se adoptan procesos computarizados de ingeniería para la programación y optimización de las operaciones (figura 17), diseños de minas, optimización, planeación y manejo de flotas, etc.

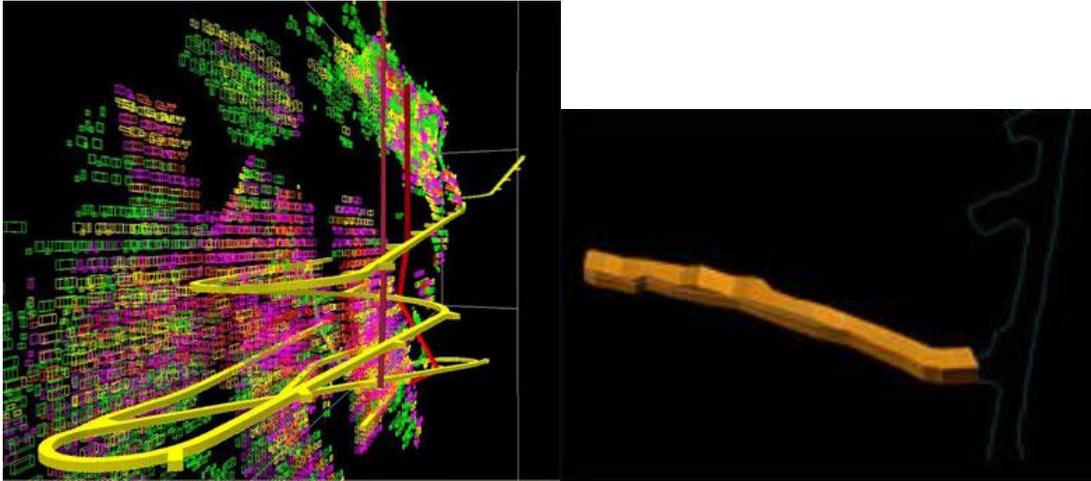


Figura 17. Diseño de obras mineras.

Quinta etapa: Es conocida como la etapa de la integración (diagrama 7); esta caracterizada por la integración de varias partes de la organización conectando distintas perspectivas de los trabajadores, como sus habilidades e ideas, la socialización de la información desde varias fuentes creando un conocimiento colectivo que permita mejorar las operaciones. Esta se diferencia de las demás ya que conecta las aplicaciones independientes para mejorar los procesos.



Diagrama 7. Software Integrado

Las nuevas aplicaciones permiten que la modelación sea más rápida y más fácil, teniendo una mejor vista del modelo, logrando una mejora en la toma de decisiones, y resolviendo problemas a corto, mediano y largo plazo.

El manejo de los softwares actuales, independientemente de con cuál se trabaje, tiene como base resolver este tipo de inconvenientes, para la modelación; genera modelos más detallados, mejor representados, más fácil de manipular, de fácil acceso y de mejor calidad para la entregar informes, presentaciones y demás información.

Con lo anterior, se muestra el cambio que la modelación de yacimientos minerales y el diseño de obras ha tenido y las necesidades que ha satisfecho.

III.3. Principios de operación de un software aplicado a la minería.

Las funciones de un software minero se basan en una tecnología que implica el uso de computadoras para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. De tal modo, que cualquier aplicación que incluya una interfaz gráfica y realice una tarea de ingeniería se considera software CAD. Las herramientas CAD abarcan desde modelado geométrico hasta aplicaciones a medida para el análisis u optimización de un proyecto específico.

Debido a su gran flexibilidad en el diseño de modelos, este tipo de software ha ido evolucionando hasta especializarse en diferentes sectores industriales incluyendo la minería, a este tipo de tecnología se le ha llamado CAE¹⁸, que añade a las funcionalidades del CAD tareas sobre un modelo, que permiten el análisis y evaluación de dichas tareas que se desarrollan a lo largo de la vida de un proyecto y permitiendo al diseñador, simular y estudiar el comportamiento de un proyecto para optimizar su diseño.

Un software minero es una herramienta CAE enfocada a la estimación de reservas, modelación geológica, diseño de obras y planeación minera, sus componentes principales (diagrama 8) son los siguientes:

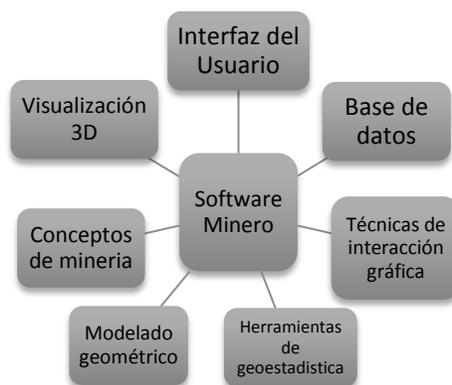


Diagrama 8. Componentes básicos de un software minero.

¹⁸ CAE: Computer Aided Engineering (Ingeniería Asistida por Computadora).

- **Base de datos** (figura 18): es el soporte para almacenar toda la información geológica de barrenos, ensaye, estructural y geotécnica del modelo. Los datos recolectados suelen estar organizados para modelar los aspectos relevantes de la realidad, la flexibilidad del software permite manejar información casi de cualquier origen (planillas Excel, Autocad, documentos de texto, etc.), sin embargo, es muy importante el formato en que esté contenida pues el software almacena toda la información de un mismo tipo, distinguiendo entre una y otra.

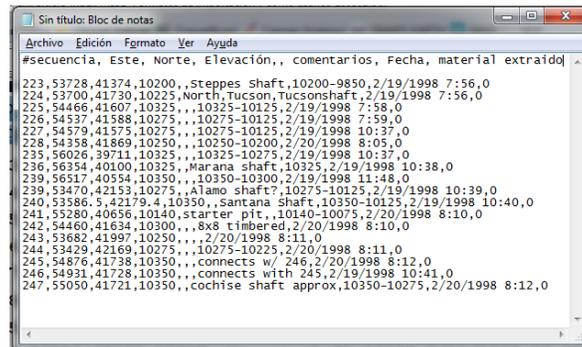


Figura 18. Datos contenidos en una base de datos de un software minero

- **Modelado geométrico** (figura 19): es el estudio de métodos de representación de entidades geométricas. Existen tres tipos de modelos: alámbricos, superficie y sólidos, y su uso permite, con la información obtenida de la barrenación a diamante, determinar las características físicas de un yacimiento, así como su forma (mantos, vetas, chimeneas, etc.), a través de gráficos en 3D. También proporciona la creación de modelos de bloques, utilizando triangulaciones solidas o de superficie. Todo esto brinda herramientas para verificar gráficamente y manejar bases de datos geológicas.

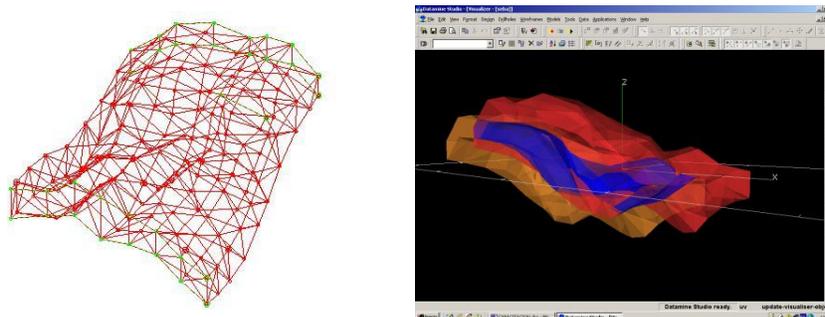


Figura 19. a) Modelo alámbrico, b) Modelo solido de un yacimiento

- **Visualizador 3D:** es un dispositivo que permite al usuario tener la percepción de una imagen en 3D, la visualización de imágenes (figura 20) y otros elementos que interactúan directamente entre el usuario y la computadora, o cualquier dispositivo de pantalla capaz de presentar la profundidad de 3-D al usuario. De este modo los datos suelen estar organizados para modelar los aspectos relevantes de la realidad (por ejemplo la disponibilidad de rebajes vacíos).

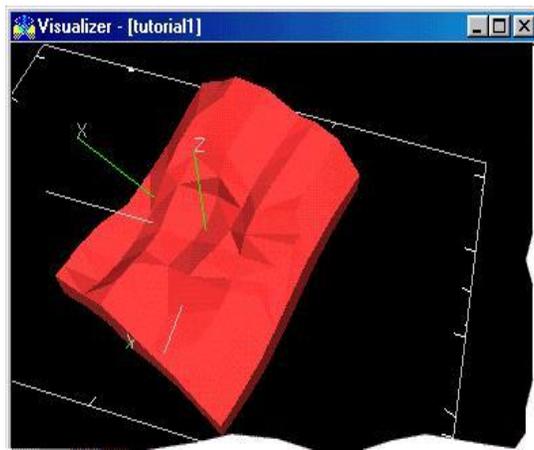


Figura 20. Visualización 3D de un yacimiento

- **Técnicas de interacción grafica:** Estas son el soporte de entrada de la información para el diseño. Las principales técnicas que se encuentran son: de posicionamiento y de selección. Las técnicas de posicionamiento permiten introducir coordenadas en 2D y 3D al modelo. Las técnicas de selección permiten identificar un componente del modelo, esto es muy importante ya que permite la edición de éste.
- **Interfaz del usuario:** Es el medio por el cual el usuario del software podrá comunicarse con el mismo. La interfaz incluye menús, ventanas, teclado, ratón, sonidos que hace la computadora y todos los canales que permiten la comunicación entre el usuario y la computadora. El diseño de la interfaz es muy importante, ya que de este dependerá qué tan rápido se familiarizará el usuario con el software y qué tanta eficiente será el mismo.

- **Conceptos de minería:** Todo software requiere de un conocimiento informático mínimo para su uso, pero cada uno requiere conocimientos especializados para su desempeño en cada área donde se desarrolla. Hay que recordar que, el software sólo mostrará los resultados de la información que le haya sido proporcionada, la veracidad de esta dependerá de qué tan precisa haya sido, la evaluación de los datos dependerá del usuario. De este modo, se resalta la importancia de que dicho usuario tenga conocimientos sólidos sobre minería, que serán eje del funcionamiento del software y la pertinencia de sus resultados.
- **Herramientas geoestadísticas:** Estas herramientas permiten hacer una caracterización del yacimiento para conocer el comportamiento de las leyes dentro de éste y llevar a cabo la estimación de reservas del mismo. Estas herramientas son muy importantes ya que de los resultados que arroje el software se determinarán la vida útil de la mina, así como los planes a corto, mediano y largo plazo.

De este modo, todos estos componentes permiten realizar un proyecto de exploración y explotación de un yacimiento mineral. Pero, ¿cómo intervienen estos componentes en la realización de un proyecto minero?

III.3.1. Secuencia de realización de un proyecto minero mediante el uso de un software.

Como se vio en el capítulo “*Fundamentos básicos de las tecnologías de la información*”, las cinco etapas que en las cuales puede intervenir un software minero son las siguientes:

- Modelado geológico;
- Modelado de bloques 3D;
- Estimación de reservas;
- Diseño de obras y;
- Planeación minera.

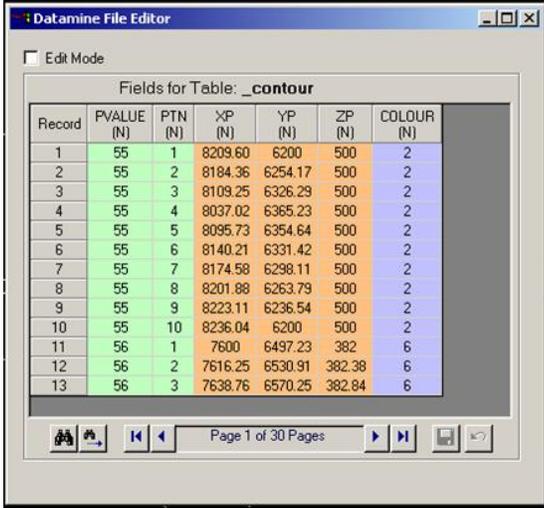
A continuación se presenta la relación entre estas cinco etapas y los principios de operación de un software minero.

Modelado geológico.

El modelado geológico es la descripción de las características de las rocas y minerales que forman parte del subsuelo, esto permite conocer las propiedades de un yacimiento mineral que van desde el tipo de roca, geometría de los cuerpos minerales y su contenido.

Estos datos son recabados durante la fase de exploración del yacimiento, mediante muestreos, estudios geológicos, plantillas de barrenación a diamante en las cuales se obtienen núcleos, que permitirán a los geólogos realizar un análisis de los datos obtenidos para poder lograr hacer una buena interpretación del yacimiento.

La información que es obtenida durante esta etapa es llevada regularmente a diferentes formatos, uno muy usual es un archivo en Excel, en el cual se administran los datos obtenidos. El software minero brinda herramientas para manejar de una forma sencilla estos datos, incluso si estos se encuentran contenidos en un archivo Excel se pueden importar para poder trabajar con ellos dentro del software (figura 21).



The screenshot shows the 'Datamine File Editor' window. It features a table with the following data:

Record	PVALUE (N)	PTN (N)	XP (N)	YP (N)	ZP (N)	COLOUR (N)
1	55	1	8209.60	6200	500	2
2	55	2	8184.36	6254.17	500	2
3	55	3	8109.25	6326.29	500	2
4	55	4	8037.02	6365.23	500	2
5	55	5	8095.73	6354.64	500	2
6	55	6	8140.21	6331.42	500	2
7	55	7	8174.58	6298.11	500	2
8	55	8	8201.88	6263.79	500	2
9	55	9	8223.11	6236.54	500	2
10	55	10	8236.04	6200	500	2
11	56	1	7600	6497.23	382	6
12	56	2	7616.25	6530.91	382.38	6
13	56	3	7638.76	6570.25	382.84	6

Figura 21. Gestor de datos de un software minero

Después de haber llevado a cabo el ingreso de los datos en el software, se procederá a realizar la interpretación de los datos obtenidos, a esto se le llama *Interpretación geológica*, la cual es llevada a planos y secciones (figura 22) para su análisis.

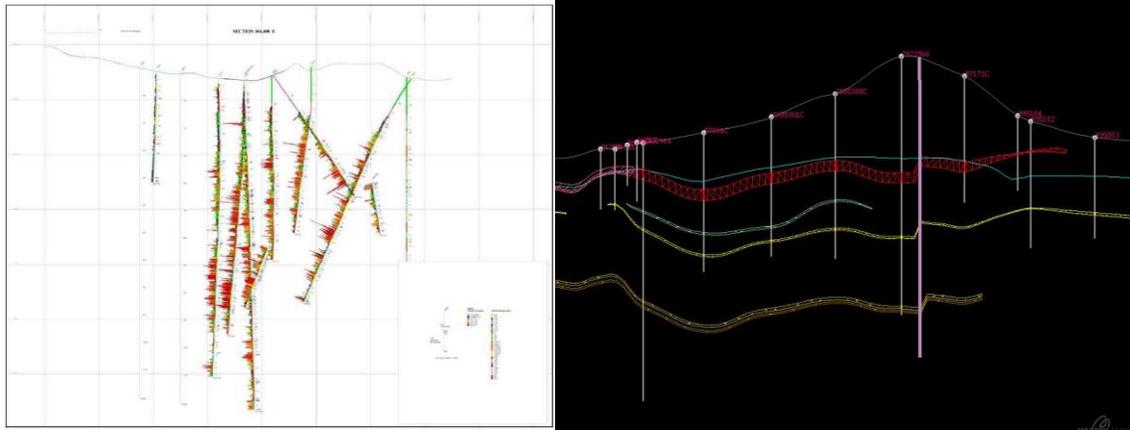


Figura 22. Análisis de los datos de exploración en un software minero.

En cada uno de los planos o secciones que se han obtenido se va realizando la interpretación mediante contornos que pueden representar el tipo de roca de un yacimiento (figura 23) y si se trata de un diseño a tajo abierto el nivel de cada posible banco que se realizará, también se usa en minería subterránea.

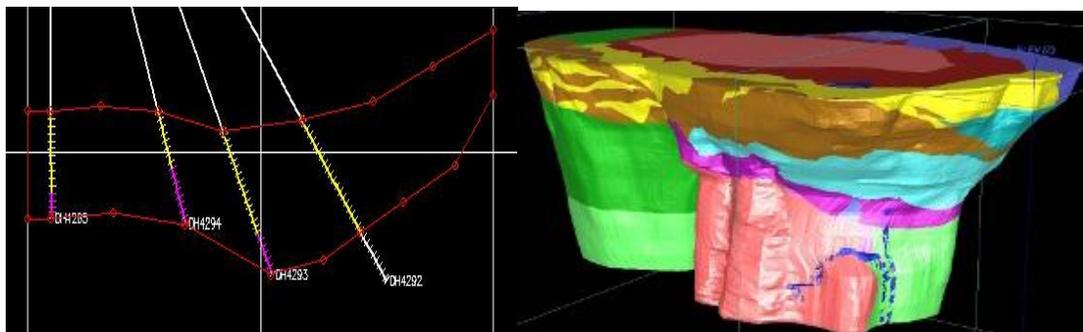


Figura 23. Modelo geológico de un yacimiento mineral.

Al obtener este modelo se puede observar el tipo de yacimiento que está presente y se podrá hacer una propuesta sobre qué tipo de método de explotación podría ser el adecuado para extraer el mineral contenido en él.

Modelado de bloques 3D

El modelado de bloques 3D (figuras 24, 25 y 26) servirá para determinar las reservas geológicas y económicas para el plan de minado a corto, mediano y largo plazo.

Este modelo está formado por bloques que están determinados por una base y una altura determinada, en el caso de minas a cielo abierto serán la berma y la altura del banco respectivamente.

Cada bloque contendrá información necesaria para modelar el yacimiento de forma más próxima a la realidad, ya que entre más se aproximen los datos a los verdaderos, mayor confiabilidad en estos habrá.

Los datos contenidos en cada bloque serán los siguientes: topografía, leyes del mineral, tipo de roca, alteraciones de la roca, mineralización, densidad, dureza, etc.,

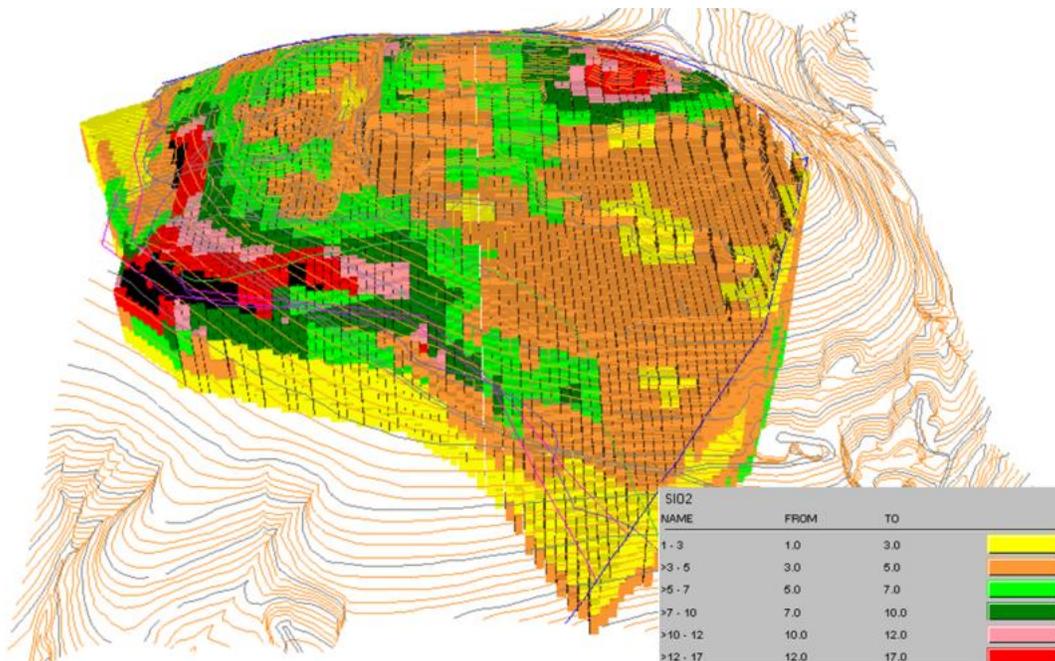


Figura 24. Vista en 3D del modelado de bloques.

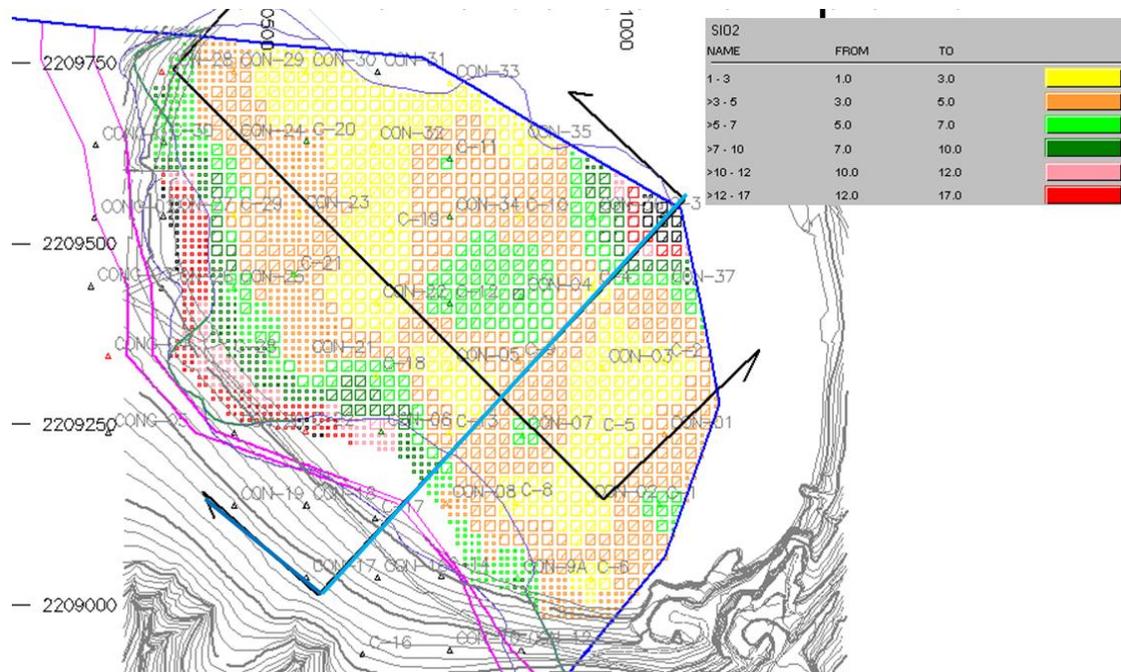
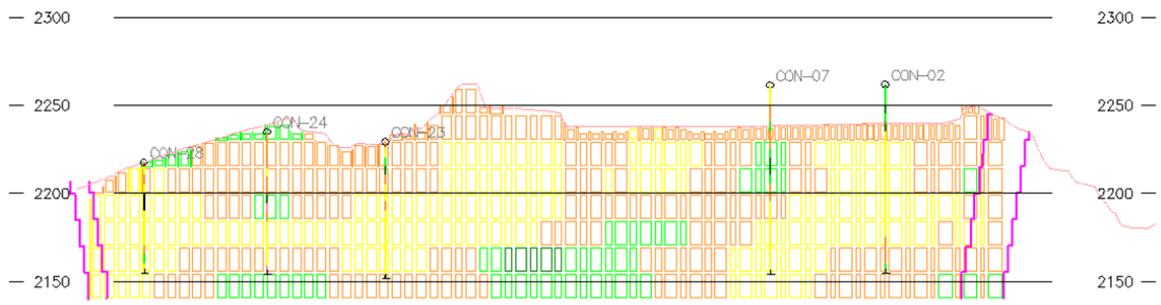


Figura 25. Vista en planta de un modelo de bloques



TALUD DE 5 m DE BERMA Y 15 m ALTURA.
 DIFERENTES POSIBILIDADES DE LIMITE
 DE TAJO, DEPENDEN DE NEGOCIACION
 CON TERRENOS VECINOS

SID2 NAME	FROM	TO	
1-3	1.0	3.0	Yellow
>3-5	3.0	5.0	Orange
>5-7	5.0	7.0	Light Green
>7-10	7.0	10.0	Dark Green
>10-12	10.0	12.0	Pink
>12-17	12.0	17.0	Red

Figura 26. Vista en sección longitudinal de un modelo de bloques

Estimación de reservas

Para realizar la estimación de reservas, es importante tener en cuenta los valores de los ensayos realizados en todo el muestreo.

Mediante métodos geoestadísticos se evaluará la continuidad de la mineralización. Una herramienta que servirá para este fin son los semivariogramas experimentales que definirán el área de influencia de las muestras (figura 27 y 28) de las leyes.

El valor del área de influencia que se ha obtenido servirá para hacer la interpolación por el método de Krigeage.

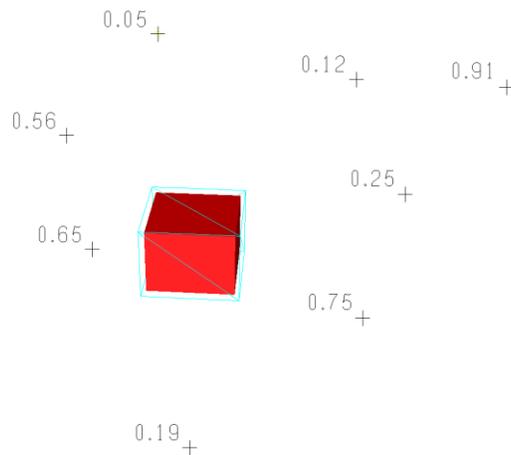


Figura 27. Ejemplo de muestras alrededor de un bloque.

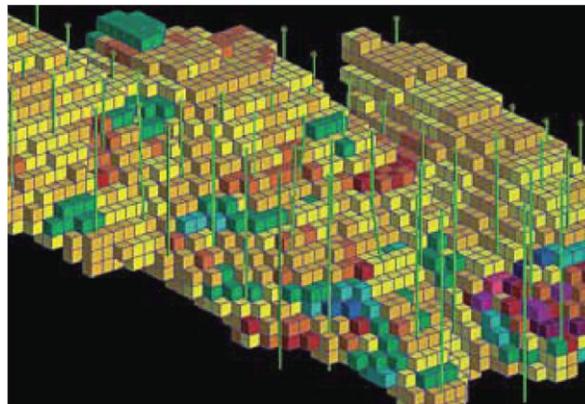


Figura 28. Modelo de bloques limitado por la zona del yacimiento y coloreado de acuerdo con su ley.

Gracias a la introducción del método del Krigeage Ordinario se ha logrado hacer una estimación de las leyes de los bloques con una varianza de error mínima.

Cabe destacar que el uso del software minero para la estimación de reservas es de gran utilidad, ya que realizar estos cálculos de forma manual requiere de mucho tiempo y destreza, pues la probabilidad de error en los cálculos es muy grande.

Los datos que se obtienen de la estimación de reservas serán el tonelaje y la ley de cada bloque. Así pues, es importante destacar la diferencia entre los conceptos de recursos y reservas.

Los recursos se asocian a la existencia física de mineral, y las reservas a la parte de esos recursos que pueden explotarse de manera rentable en un momento determinado. Es decir, los recursos son semiestáticos y menos precisos, mientras que las reservas son un concepto que va cambiando conforme avanza la vida útil de la mina.

Diseño de obras mineras.

Una vez teniendo la información del tipo de yacimiento, sus características (geológicas, geotécnicas, etc.), reservas estimadas, se realizará la selección del método de explotación, el cual estará determinado por el tipo de yacimiento, la profundidad en la que se encuentre, el tipo de mineral a explotar, etc.

El software cuenta con múltiples herramientas para desarrollar obras mineras subterráneas, así como, para realizar minería a cielo abierto.

Para minería a cielo abierto, el software utiliza el algoritmo de Lerchs- Grossmann para determinar y optimizar los límites económicos de los bancos (figura 29 y 30), también se pueden ingresar los datos referentes al costo de extracción, el ángulo de talud, etc.

Se usará la topografía original para el diseño y así poder generar nuevas superficies que muestren los distintos diseños económicos que se pueden aplicar.

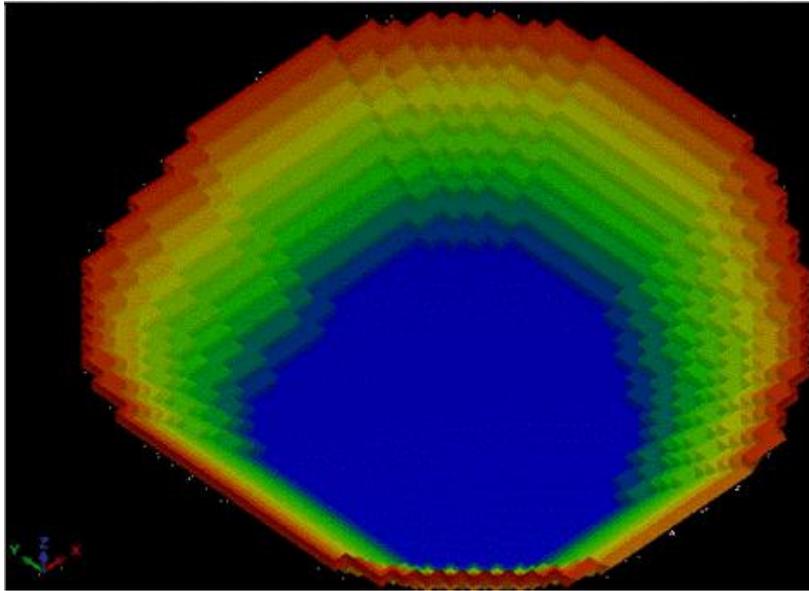


Figura 29. Limite final del tajo Lerrch-Grossmann

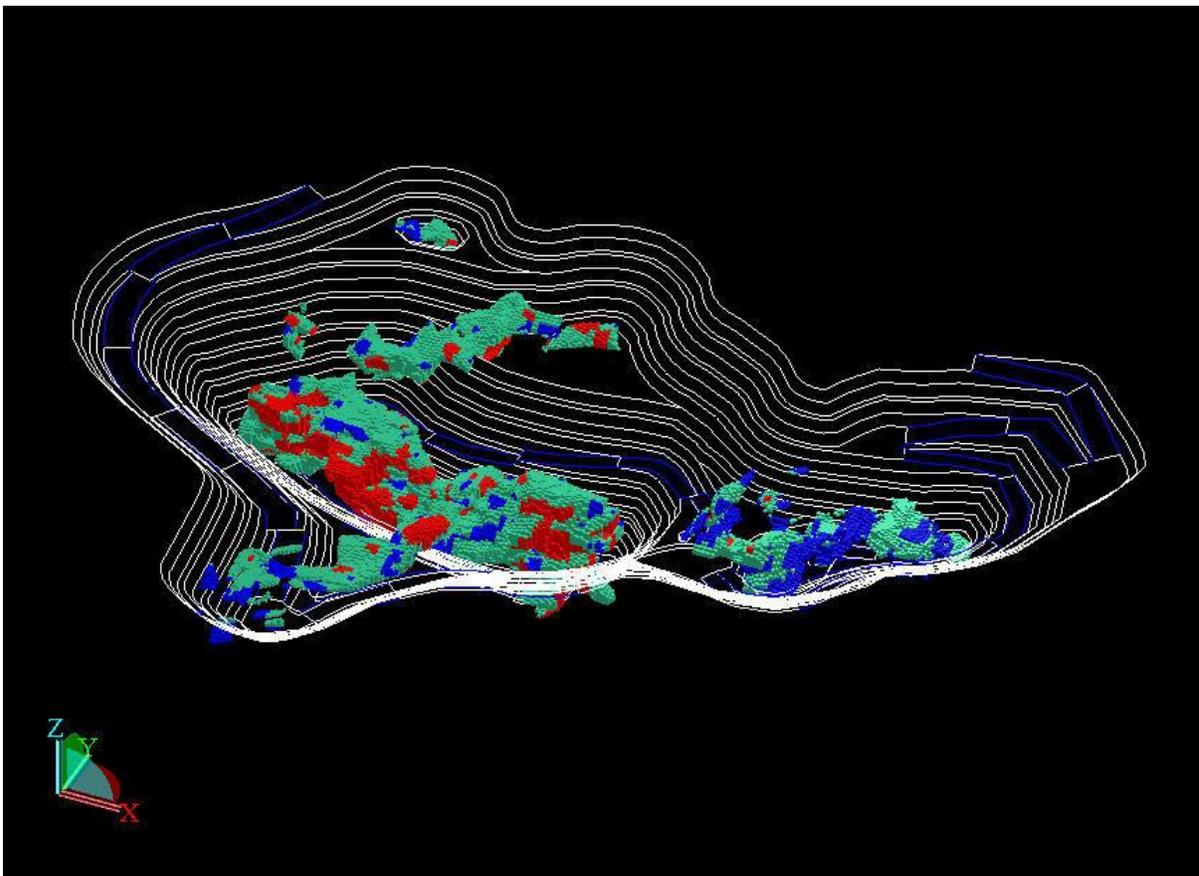


Figura 30. Diseño de bancos de mina a cielo abierto.

Planeación minera

Como se ha mostrado, el software minero proporciona datos para conocer con mayor precisión el yacimiento en estudio (geología, mecánica de rocas, análisis químico), brinda herramientas para realizar cálculos geoestadísticos, que junto con variables económicas, permitirán estudiar e identificar las diferentes alternativas de explotación, con el fin de optimizar el retorno de la inversión en un proyecto minero.

El resultado de los diversos estudios de ingeniería antes mencionados permite determinar la relación óptima entre la capacidad de extracción y beneficio del mineral, que se referirá a la producción que realizará la mina anualmente, la cual será expresada en gr/ton, para los metales preciosos o en % para metales básicos en referencia al tonelaje extraído.

De acuerdo con la capacidad de operación que se haya establecido, se determinará la mejor secuencia para extraer el mineral, compatibilizando las características de operación con los resultados económicos esperados para un período determinado.

Esta secuencia se conoce como planeación minera y el período en el cual se alcanza el agotamiento total de las reservas es la vida útil de la mina.

La planeación minera (figura 31) contendrá además las bases para asegurar que la operación sea eficiente y confiable en todas sus operaciones. Para esto, se define la parte del yacimiento que se explotará de acuerdo con la ley de corte y lo que cuesta procesar este mineral, dependiendo de esto sus características metalúrgicas. De esta forma se asegura un beneficio económico.

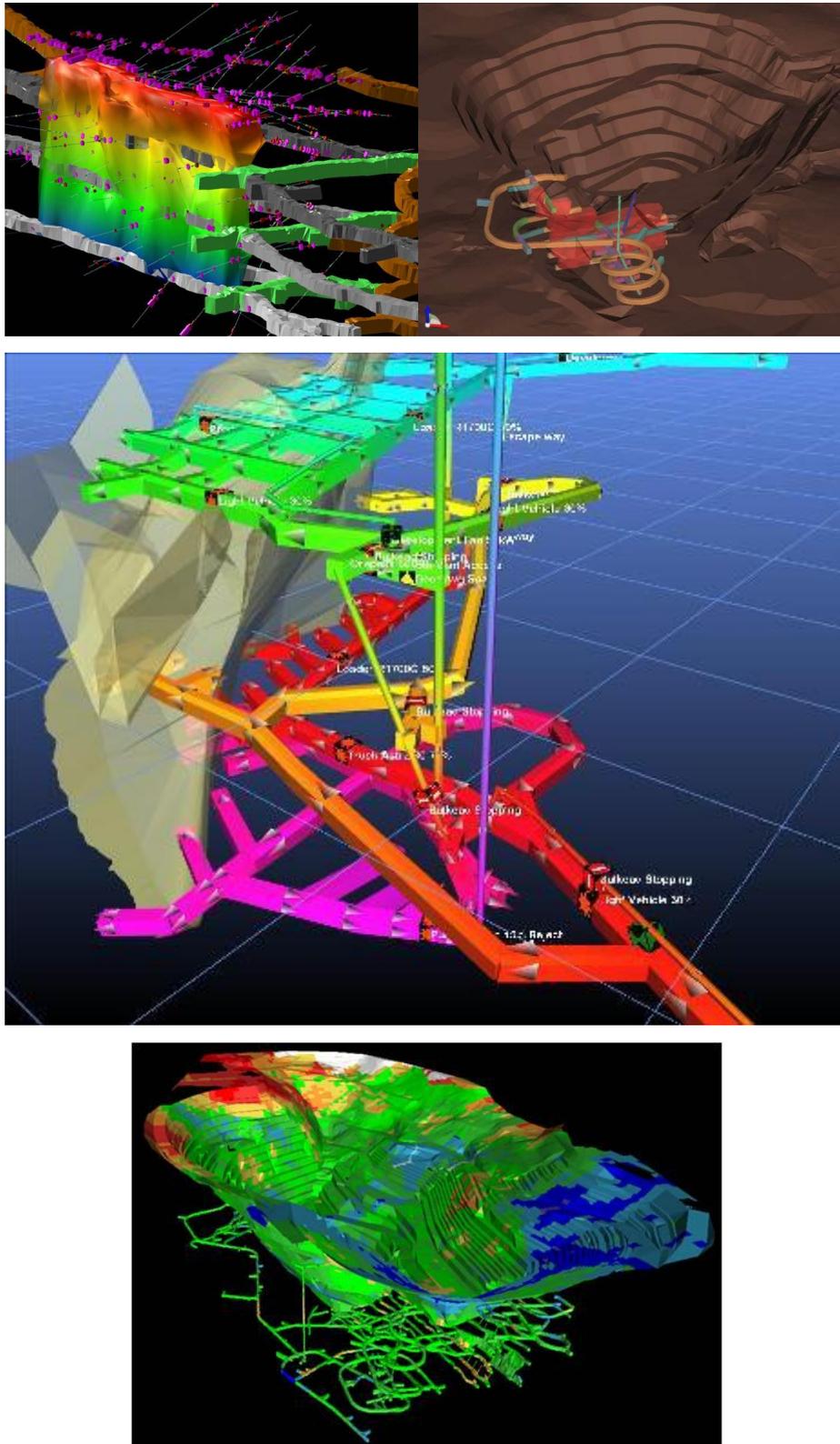


Figura 31. Planeación minera

III.4. Ventajas y desventajas de implantar un software minero

Cuando se va a incorporar una nueva tecnología dentro de algún proceso de una empresa, es muy importante tomar en cuenta cuales son las ventajas y las desventajas que tiene la tecnología que se va a adquirir, ya que a simple vista, el software se pueden visualizar con una gran arquitectura, capaz de resolver todos los inconvenientes que se encuentren en el proceso al que va dirigido.

Sin embargo, en el momento de optar por uno de ellos, una de las etapas más importantes para que se logren los resultados esperados y que a su vez, perdure su utilización y futuro desarrollo dentro del proceso, es conocer cuales son las ventajas y las desventajas que tendrá el implantar una de las alternativas presentes.

Desde el punto de vista estratégico, las ventajas se podrían resumir de la siguiente forma:

- Eficiencia del proceso;
- Disminución de costos;
- Aumento de la productividad; y
- Mejora de la calidad de la información.

Desde el punto de vista general, las ventajas serían las siguientes:

- Optimización del proceso;
- Mejor toma de decisiones;
- Reducción del tiempo del proceso;
- Acceso rápido a la información;
- Mayor confiabilidad en los datos;
- Facilidad para compartir información en la organización.

Desde el punto de vista específico serían:

- Mayor velocidad a la hora de dibujar planos;
- Facilidad para borrar o modificar partes del diseño, corregir errores;
- Ahorro de tiempo y aumento de productividad;
- Optimización del diseño;
- Mayor precisión en la obtención de resultados;
- Disminución de costos de ingeniería;
- Manejo de mayor cantidad de información;
- Actualización de datos en menor tiempo.

Por otro lado, las desventajas podrían provocar que el software no diera los resultados que se esperan, dependerá de qué tan preparada este la empresa para poder mitigar estas desventajas y poder llevar a cabo el plan de acción adecuado para lograr la implantación del software. Las desventajas que se podrían presentar con el software son las siguientes:

- Puede ser muy costoso;
- El software es una inversión de alto riesgo;
- No hay una certeza del retorno de la inversión;
- La implantación necesita muchos recursos;
- Resistencia al cambio por parte del personal;
- La capacitación del personal tiene grandes costos;
- Soporte técnico insuficiente;

Algunas de éstas desventajas se podrán disminuir mediante un plan de acción que aborde cada una de ellas, algunas otras se tienen que asumir como una inversión que no solo creará ventajas dentro del proceso en el cuál será implantado, buscará generar una ventaja competitiva a nivel industrial que le permita tener una mayor participación en el mercado nacional e internacional.

En una empresa minera, hay variables que tienen impacto sobre la competitividad, entre ellas están la existencia de la infraestructura requerida y el número suficiente de personal capacitados para aprovecharla.

La competitividad de la industria minera, deriva de una productividad superior con un menor costo que la competencia.

Las características para determinar la competitividad en la industria minera son: la intensidad de capital y complejidad técnica, madurez de la tecnología utilizada, la búsqueda de eficiencia y búsqueda de recursos minerales. Asimismo, el desempeño y el desarrollo de una empresa minera se determinarán en gran medida por las condiciones prevalecientes en su entorno, especialmente las condiciones geográficas inmediatas.

Un mecanismo que puede afectar de forma positiva la competitividad de una empresa minera es el incremento de su capacidad de implantación tecnológica y, en consecuencia, el crecimiento de la productividad. Una vez que se introduce una innovación en un proceso de producción de dicha empresa, se produce un efecto de demostración y se incrementa la posibilidad de que sea adoptado en otras empresas.

Antes de que un software se disemine en el mercado, los usuarios potenciales cuentan con información limitada sobre el costo y los beneficios de la implantación de éste, de modo que, podrían relacionarla con un grado de riesgo elevado. A medida que se divulga la información con respecto a los pros y contras del software a través de canales informales, se reduce la incertidumbre y aumenta la probabilidad de imitación.

La capacidad tecnológica así como las habilidades técnicas, son necesarias para que la empresa implante el software, lo utilice de manera eficiente, lo mejore y lo expanda con el tiempo, de tal forma que, pueda llegar a desarrollar nuevos métodos de producción.

Para lograr esto, es necesario fortalecer tres áreas para poder implantar el software y poder ampliar la capacidad tecnológica de sus usuarios, que enseguida se anuncian: inversión (con el fin de identificar, preparar, diseñar, construir, y equipar nuevas instalaciones o ampliar las ya existentes), producción (con el fin de

adaptar las operaciones a las circunstancias cambiantes de los yacimientos), e innovación (con el objeto de mejorar la tecnología que satisfaga mejor las necesidades específicas).

La importancia de desarrollar capacidades tecnológicas para lograr fortalecer la competitividad de una organización se basa en que con el tiempo se empiezan a llevar a cabo actividades más complejas en el perfeccionamiento, diseño, ingeniería, desarrollo e innovación y beneficios, que motivan a mejorar la difusión de la tecnología dentro de la organización y una mayor capacidad de responder de manera eficaz a los cambios en las condiciones del mercado.

III.5. Marco teórico de la administración de proyectos

III.5.1. Administración

La administración ha formado parte de la vida humana a lo largo de muchos años, el hecho de que se enfoquen fuerzas para lograr alcanzar objetivos, es una forma de ejemplificar cómo se encuentra de manera implícita la práctica de la administración.

Se puede decir que: *“La administración, en primera instancia, es una actividad única y exclusivamente humana, ya que el hombre la desarrolla a través de un proceso de raciocinio, y no como uno de estímulo-respuesta.”*¹⁹

Etimológicamente, “el origen de la palabra ‘administración’ se forma con el prefijo *ad*, hacia, y con *ministratio*, que proviene a su vez de *minister*, vocablo compuesto de *minus*, comparativo de inferioridad, y del sufijo *ter*, que funge como término de comparación. Por ende, podemos resumir que *minister*, a diferencia de *magister* (comparativo de superioridad), refleja un estado de inferioridad, expresando subordinación y obediencia, es decir, el que presta un servicio a otro...”²⁰

De este modo, se presentan algunas definiciones dadas por algunos autores sobre el concepto de administración:

- Henry Fayol: *“Administrar es prever, organizar, mandar, coordinar y controlar”*.²¹
- Koontz y O’ Donnell: *“Es la dirección de una organización social, y su efectividad en alcanzar sus objetivos, fundada en la habilidad de conducir a sus integrantes”*.

¹⁹ Tutorial para la asignatura de Administración Básica I. Fondo Editorial FCA. 2003. p. 21

²⁰ *Ibíd.*

²¹ *Ibíd.*, p. 22.

Para fines de interés una de las definiciones que más se ajusta a los objetivos de esta tesis es la proporcionada por George Terry y Stephen Franklin en su libro Principios de Administración²²:

“La administración es un proceso muy particular consistente en las actividades de planeación, organización, ejecución y control, desempeñadas para determinar y alcanzar los objetivos señalados con el uso de seres humanos y otros recursos”.

En el diagrama 9 se muestra el significado de la administración y el logro de resultados:



Diagrama 9. Administración y logro de resultados.

Se puede concluir que la administración es un medio para lograr el uso racional de los recursos de una forma óptima y útil para cualquier organización. De este modo, se observa que uno de los elementos básicos para el logro de los objetivos de ésta es la eficacia, que se podría definir como el logro de los objetivos al menor costo.

²² Principios de administración. George Terry & Stephen Franklin. CECSA, 1990.

Una de las herramientas que sirven a la administración para su desempeño es el proyecto.

El concepto de proyecto se utiliza para denominar al conjunto de actividades orientadas a alcanzar objetivos específicos, que se desarrollan de forma coherente con base en necesidades detectadas, y realizado en un tiempo determinado.

Un proyecto es un esfuerzo temporal, lo que significa que tiene un principio y un fin. El final se consigue cuando se cumplen los objetivos del proyecto, cuando no se pueden cumplir sus objetivos o cuando ya no existe la necesidad que dio vida a este.

Las actividades que se realizan dentro del proyecto pueden ser nuevas para el equipo que participe dentro del mismo, lo que crea la necesidad de planear con mayor dedicación que si se realizara una actividad rutinaria.

Lo más importante de un proyecto es que representa una propuesta clara y concreta de una inversión, con las características necesarias en términos de sus componentes técnicos, económicos, financieros, organizacionales, institucionales y legales, teniendo en claro el reunir y aprovechar al máximo los recursos necesarios para completarlo con éxito.

Cada proyecto debe de cubrir una serie de fases altamente interdependientes, el cumplimiento de estas aumenta la probabilidad de éxito.

A este conjunto de fases se le denomina “ciclo de vida del proyecto”. Estas fases abarcan desde la determinación de las necesidades de una empresa, fijación de objetivos, identificación, descripción, comparación y selección de alternativas con base en sus ventajas y desventajas, programación detallada de las alternativas, así como su implantación, operación y control.

El ciclo de vida de un proyecto (figura 32) quedaría estructurado de la siguiente forma: **Inicio, Planeación, Ejecución y Control.**

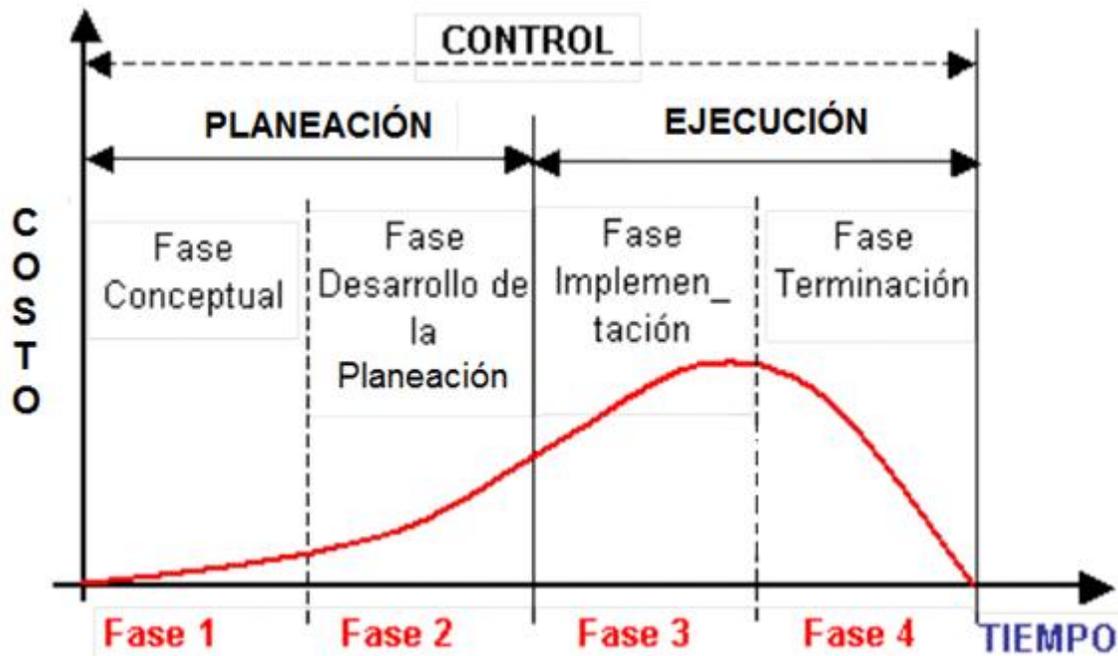


Fig. 32. Ciclo de vida de un proyecto.

Es importante tener en cuenta que el ciclo de vida de un proyecto bien articulado con sus fases, garantiza el éxito en la identificación de necesidades y su posterior ejecución.

Siempre existe la posibilidad de generar cambios dentro del proyecto, el plan es iterativo y su realización es gradual a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esto significa, mejorar y detallar constantemente el plan, ya que conforme se va avanzando se obtiene información más detallada y específica, y con una evaluación de los datos más precisa.

En todo proyecto se registran dos fases: una técnica y otra económico-financiera, las cuales están íntimamente relacionadas entre sí y además se condicionan recíprocamente. Dentro de los factores que sobremañera pueden afectar un proyecto se pueden mencionar los siguientes:

- Tecnológicos.
- Contexto político.
- Relaciones comerciales internacionales.
- Ambiental.
- Normatividad.

Un proyecto necesita de varios recursos para realizar las tareas y cumplir sus objetivos. Estos recursos pueden llegar a incluir diferentes personas, organizaciones, equipos, dinero, tiempo, materiales e instalaciones.

III.5.2. Administración de proyectos

La administración de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo.

La aplicación de conocimientos requiere de la dirección eficaz de los procesos apropiados. A menudo, los proyectos se utilizan para satisfacer el plan estratégico de una organización. Con la llegada de la era de la información una de las estrategias que muchas organizaciones han tomado en cuenta es la implantación de tecnología dentro de sus procesos, teniendo como resultado una mayor aceptación a nivel mundial de este tipo de estrategias.

III.5.3. Planeación

La planeación significa prever el curso de las acciones que se toman, involucrando la necesidad de cambiar la situación actual con el objetivo de alcanzar una situación deseada.

La planeación es un proceso que permite la identificación de oportunidades de mejoramiento en la operación de la organización, con base en la técnica y el establecimiento de planes o proyectos para el aprovechamiento integral de dichas oportunidades.

Una planeación debe basarse en hechos, para ello los pronósticos y la investigación realizados cuidadosamente son clave de la planeación correcta. Es importante tener en cuenta dos elementos: el futuro y la relación entre los objetivos finales y la forma de obtenerlos.

La necesidad de planear, fundamentalmente, procede del hecho de que toda organización industrial opera en un medio que experimenta constantes cambios; cambios en la actividad económica, de tipo tecnológicos, etc., originados por el fenómeno de la globalización.

III.5.4. Planeación estratégica

La esencia de la planeación estratégica se basa en la “identificación sistemática de las oportunidades y amenazas que pueden generarse en el futuro con la finalidad de tomar la mejor decisión en el presente, aprovechar de la mejor manera la oportunidades y disminuir los riesgos; este proceso se inicia con el establecimiento de objetivos organizacionales, la definición de estrategias y políticas para lograr estas metas, y crear y desarrollar planes que garanticen la implantación de las estrategias y lograr los fines buscados.

El empleo de la planeación en una organización forma parte central del proceso de toma de decisiones para la elección de la mejor alternativa y la asignación óptima de los recursos económicos.

La planeación estratégica permite optimizar procesos y aumentar las ventajas o disminuir las desventajas, lo que se muestra como “competitividad”²³.

²³ La competitividad es la capacidad de producir a un menor precio, buscando la mayor satisfacción de los clientes.

III.5.5. El análisis FODA

Una de las herramientas de la planeación estratégica que permite que la organización pueda realizar un plan estratégico es el análisis FODA, el cual, analiza los puntos fuertes y débiles de la organización, es decir, el análisis interno, en relación con el análisis externo.

De este modo, se puede observar la situación actual de la empresa y que áreas de ella necesitan estrategias para el logro de los objetivos de la organización. A su vez, muestra qué tan preparada esta la organización para el cambio y la mejora dentro de sus procesos.

El análisis FODA (tabla 3) consta de cuatro aspectos a tener en cuenta de la organización: *Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas*.

El análisis interno es la parte que se puede controlar; dentro del mismo se encuentran las *Fortalezas* y las *Debilidades*:

Las fortalezas son los elementos positivos con los que cuenta la organización, son los que la hacen un ente particular; esto se puede observar en la actitud cultural, laboral y el comportamiento con el que cuenta la organización, la infraestructura, los recursos y que pueden contribuir con su desarrollo.

Las debilidades por el contrario se refieren a todos aquellos elementos, recursos, habilidades y actitudes, que la empresa ya tiene y que constituyen barreras para lograr los objetivos de la organización.

El análisis externo, por otra parte, es aquello que no se puede controlar, está representado por las *Oportunidades* y las *Amenazas*.

Las oportunidades son aquellas situaciones que se originan en el entorno y que se tienen que identificar para poder ser aprovechadas y tomar como impulso para el desarrollo de la organización, algunos ejemplos son: el desarrollo tecnológico, aspectos económicos locales, globales, etc.

En cambio, las amenazas son aquellas situaciones que se originan en el entorno externo y que pueden afectar de manera negativa al proyecto. El identificarlas permitirá diseñar estrategias adecuadas para poder mitigarlas. Algo a tener en cuenta es que algunas amenazas pueden impedir totalmente las actividades de la organización.

Una vez identificadas todas las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades, se representarán en una matriz de la siguiente forma:

Análisis FODA	
Análisis Externo	
Oportunidades	Amenazas
Análisis Interno	
Fortalezas	Debilidades

Tabla 3. Representación gráfica de una matriz FODA

III.5.6. Plan estratégico

Después de realizar un análisis de las necesidades de la organización, el siguiente paso es pensar en la dirección que debe tomar, qué tipo de organización es en la que se quiere convertir y dirigir todos los esfuerzos en esa dirección.

Esto significa crear una misión, una visión y determinar los objetivos y valores con los que se deberá llegar a la dirección que ha fijado la organización.

El plan estratégico consiste en una variedad de medidas (estrategias), enfocadas al logro de los objetivos, destinando todos los recursos y la energía para lograr el desarrollo de la organización.

Los objetivos son los “fines” y la estrategia es el “medio” para lograrlos.

Algunas áreas en las que comúnmente una organización diseña estrategias para lograr sus objetivos se encuentran las siguientes:

- Recursos humanos
- Tecnología e innovación
- Laboral
- Administrativa
- Operativa
- Financiera

Es importante pensar de manera estratégica respecto del impacto de las nuevas tecnologías, para poder hacer lo necesario para prepararse para el futuro.

La creación del plan estratégico busca obtener una ventaja competitiva basada en disminución de costos, para saber cómo reaccionar a las nuevas condiciones del mercado y cómo lograr el crecimiento a largo plazo.

El proceso de creación de plan estratégico y la ejecución se compone de cinco tareas administrativas correlacionadas²⁴:

1. Desarrollar una visión estratégica de hacia dónde se dirige la organización, con el fin de proporcionar una dirección a largo plazo, delinear en qué clase de empresa está tratando de convertirse la organización e infundir en ésta el sentido de una acción con un propósito determinado.
2. Determinar objetivos, es decir, convertir la visión estratégica en resultados específicos del desempeño que deberá lograr la compañía.
3. Crear una estrategia, con el fin de lograr los resultados deseados.
4. Poner en práctica y ejecutar la estrategia elegida de una manera eficiente y efectiva.

²⁴ Administración estratégica. Thompson, A & Strickland, A. McGraw-Hill.)2004)

5. Evaluar el desempeño e iniciar ajustes correctivos en la visión, la dirección a largo plazo, los objetivos, la estrategia o la puesta en práctica, en vista de la experiencia real, de las condiciones cambiantes, de las nuevas ideas y de las nuevas oportunidades.

En ocasiones, se requieren cambios muy importantes en la estrategia; un ejemplo es cuando ocurren transformaciones tecnológicas, o cuando surge una crisis y se requieren rápidos ajustes en la estrategia.

III.5.7. Ejecución

Si la ejecución de la es débil, ello disminuirá el potencial de la estrategia y propiciará la insatisfacción y el escaso desempeño de la organización.

La ejecución incluyen los siguientes aspectos principales:

- Construir una organización capaz de llevar a cabo con éxito la estrategia.
- Distribuir los recursos de la organización de manera que las unidades de la organización encargadas de las actividades críticas de la estrategia y de la puesta en práctica de las iniciativas estratégicas cuenten con suficiente personal y fondos para hacer su trabajo de una manera exitosa.
- Establecer políticas y procedimientos de operación que la respalden la estrategia.
- Motivar a las personas para que persigan con energía los objetivos que se han fijado y, de ser necesario, modificar sus obligaciones y su conducta en el trabajo con el fin de que se ajusten mejor a los requerimientos de una ejecución exitosa de la estrategia.
- Vincular la estructura de recompensas con el logro de los resultados que se han fijado como objetivo.
- Crear una cultura y un ambiente de trabajo conducentes a la puesta en práctica y ejecución exitosas de la estrategia.

- Instalar sistemas de información, comunicación y operación que permitan que el personal de la compañía desempeñe sus papeles estratégicos de una manera efectiva y cotidiana.
- Instituir los mejores programas y prácticas para un mejoramiento continuo.
- Ejercer el liderazgo interno necesario para impulsar la puesta en práctica y seguir mejorando la forma en la cual se está ejecutando la estrategia.

La meta de quien pone en práctica la estrategia, debe ser la creación de “ajustes” firmes entre la forma en que se hacen las cosas internamente para tratar de ejecutar la estrategia y lo que se necesitará para que tenga éxito. Mientras más se ajusten los métodos de la puesta en marcha a los requerimientos de la estrategia, mayores serán las probabilidades de que se logren los objetivos del desempeño.

Los ajustes más importantes se dan entre la estrategia y las capacidades organizacionales, el sistema de recompensas, y la cultura de la organizacional.

El ajuste de las prácticas internas, con lo que se necesita para el éxito estratégico, ayuda a unir la organización después del logro de la estrategia.

La tarea de implantar y llevar a cabo la estrategia constituye, por lo general, la parte más complicada y la que lleva más tiempo.

La creación de la estrategia concierne al **cómo**.

Una vez implantada la estrategia, es necesario llevar a cabo un seguimiento de los resultados obtenidos, para que los resultados obtenidos sean constantes y se puedan diseminar en otras áreas de interés dentro de la organización.

IV. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

En primera instancia, podría parecer lógico recurrir a un asesoramiento externo para llevar a cabo la implantación de un software, pero es bien sabido que estos servicios tienen un costo muy elevado, afectando la inversión para el proyecto de implantación y orillando a que las empresas terminen asesoradas por los proveedores de dicho software, y estos a su vez empatando las necesidades de la empresa con su producto.

Conociendo la necesidad de las minas por incorporar tecnología dentro de sus procesos, se ofrece una forma de implantación de software minero, teniendo en cuenta que puede ser modificada, dependiendo las necesidades de la empresa, ya que la planeación estratégica brinda esa flexibilidad.

IV.1. Planeación estratégica

Inicialmente se realiza un diagnóstico de necesidades mediante el uso de una herramienta llamada matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Desventajas y Amenazas), la cual brinda un panorama sobre las características particulares de la mina y el entorno donde compete actualmente, de esta forma se ejemplifican tres casos de minas subterráneas polimetálicas, en las que su característica principal es el tamaño (pequeña, mediana y grande); se tomará como referencia el Capítulo III del Reglamento de la Ley Minera en su Artículo 9o, el cual indica las características de una pequeña y mediana minería, dando por supuesto las de la gran minería, ya mencionada al principio de este documento.

Con base en este diagnóstico se trazara un plan estratégico para llevar a cabo con éxito la implantación. Esta debe de hacerse tomando en consideración diferentes aspectos, uno de ellos es identificar el tamaño de la mina, así como, la cantidad de información que se genera en el proceso de extracción de minerales, esto para evitar que el software sea excesivo para la cantidad de datos que se utilizan.

De este modo, se presentan tres ejemplos de empresas de diferentes tamaños, para visualizar qué tan preparadas podrían estar para la implantación del software minero.

EJEMPLO DE ANÁLISIS FODA (PEQUEÑA EMPRESA)	
Análisis Externo	
Oportunidades	Amenazas
Precio de los metales alto	Agotamiento de reservas
Apoyo gubernamental para inversión	Crecer y no estar preparado ni actualizado tecnológicamente
	Minas que extraigan minerales con mayor tecnología.
	Aumento de impuestos en minería.
Análisis Interno	
Fortalezas	Debilidades
La mina es la mayor fuente de ingresos a nivel local.	Resistencia al cambio
	No hay suficiente capacitación ni actualización
	Información poco confiable debido a procedimientos de obtención de datos con poco grado de exactitud.
	Dificultad en la toma de decisiones.
	Poco compromiso de los empleados.
	Personal con conocimientos empíricos

Tabla 4. Ejemplo de análisis FODA (pequeña empresa).

EJEMPLO DE ANÁLISIS FODA (EMPRESA MEDIANA)	
Análisis Externo	
Oportunidades	Amenazas
Precio de los metales alto	Agotamiento de reservas
Apoyo gubernamental para inversión	Crecer y no estar preparado ni actualizado tecnológicamente
Crecer y expandirse	
Avanzar tecnológicamente	Aumento de impuestos en minería.
Flexibilidad para adquirir software	
Generar ventaja competitiva	Minas que extraigan minerales con mayor tecnología.
Análisis Interno	
Fortalezas	Debilidades
Compromiso de los trabajadores	Resistencia al cambio
Personal con conocimientos de software CAD.	No hay suficiente capacitación ni actualización
Personal a nivel profesional	
Capacidad económica para mantener actualizado el software	Información poco confiable debido a procedimientos de obtención de datos con poco grado de exactitud.
Actualización del software	
	Dificultad en tiempo en la toma de decisiones.
	Poco compromiso de los empleados.

Tabla 5. Ejemplo de análisis FODA (empresa mediana).

EJEMPLO DE ANÁLISIS FODA (EMPRESA GRANDE)	
Análisis Externo	
Oportunidades	Amenazas
Estar a la vanguardia en tecnología	Minas en la región que explotan con mayor tecnología
Generar ventaja competitiva	
Crecimiento mas acelerado	Precio de los metales
Expansión	Aumento de impuestos en minería
Análisis Interno	
Fortalezas	Debilidades
Cuenta con personal altamente capacitado en sistemas CAD	Mayor inversión en áreas administrativas que productivas Problemas sindicales por la nueva forma de trabajo
Cuenta con capital para invertir en tecnología	
Cuenta con internet	
Estructura organizacional bien definida	
Cuenta con procedimientos que facilitan la realización de actividades	
Puede contratar asesoramiento externo	
Cuenta con personal comprometido con la empresa	

Tabla 6. Ejemplo de análisis FODA (empresa grande).

Para el caso referente a la cantidad de información que se genera en el proceso de extracción de minerales, se clasificará de forma cualitativa, ya que hacerlo cuantitativamente puede depender de la habilidad y capacidad de quién maneje la información. La clasificación será la siguiente:

- **Baja:** Información que es manejada de manera fácil, y que no genera retraso en los procesos que involucra, ni en la toma de decisiones.
- **Mediana:** Información que comienza a generar dificultades en su manejo, retrasando algunos procesos que la involucran, pero que no afecta dramáticamente la toma de decisiones, así como el proceso en general.

- **Alta:** Información que es difícil de manejar y que afecta de forma directa la toma de decisiones y al proceso.

Cabe mencionar que el software permite diseñar modelos donde se puede visualizar una gran cantidad de información de forma sencilla.

Otro aspecto a tomar en cuenta es la etapa en la que se encuentra la mina, refiriendo esto a su situación en general como empresa; se sugieren tres tipos, siendo estos la supervivencia, el desarrollo y la madurez.

La primera como su nombre lo dice, enfocada más en prioridades que le permitan permanecer en el mercado, trabajando con el equipo de que se dispone, mientras busca generar una estabilidad que le posibilite no sólo crear planes a corto plazo, sino buscar generar un crecimiento para poder enfrentar de mejor manera las bajas en los precios de los metales y aprovechar las altas en dichos precios, sabiendo que se encuentra en un mundo competitivo en el cual su principal objetivo es mantenerse.

En el aspecto laboral, este tipo de minas no cuenta con una cultura laboral en la cual se sientan comprometidos los trabajadores con su trabajo, este tipo de cultura juega un papel muy importante a la hora de llevar a cabo un proyecto, ya que la cohesión de los equipos de trabajo permite que tenga éxito dicho proyecto.

Una vez cubierto todo este tipo de prioridades la segunda etapa comienza con una estabilidad que se ve reflejada en la búsqueda de un crecimiento (expansión), una vez habiendo sobrevivido a la primera etapa se propone crecer, apoyándose de herramientas que facilitan y mejoran la elaboración de sus actividades, en esta etapa se busca un desarrollo de manera que permita a la empresa lograr una estabilidad, teniendo sólidas bases para mantenerse en el mercado.

Una vez pasando por las dos etapas anteriores la mina se establece como una empresa confiable de prestigio, de nombre, que permite a sus socios, clientes y demás organizaciones que tengan negocios con esta tener una seguridad, mantiene sus procesos, crea, desarrolla e invierte en nuevos proyectos con el

respaldo económico- financiero que la mina le proporciona, formando parte de una tercera etapa llamada de madurez.

La empresa pequeña como muestra el ejemplo del análisis FODA, indica que las debilidades son muchas pero podrían obtener el software de una manera limitada estando sujetos a que el proyecto no muestre constancia, viéndose que un proyecto como este para una mina pequeña puede ser de alto riesgo, ya que esta más enfocada en de su seguridad y a cubrir los servicios que la mina requiera para mejorar su producción.

Sin embargo la empresa mediana siendo una empresa en desarrollo muestra un interés por el crecimiento y expansión, para generar ventaja competitiva con el uso de tecnología, aprovechamiento de su capacidad laboral (planta laboral), y económica para sostener un proyecto de este tipo y mantenerlo en constante actualización; a este tipo de empresa va enfocado el estudio y del cual se desarrollará un plan estratégico para la implantación del software hasta llegar a un control del mismo; para desarrollar esto se tomará como base la planeación estratégica con sus puntos importantes a desarrollar como visión, misión, objetivos y el plan estratégico.

La mina grande muestra madurez, ya que tiene dentro de sus características el contar con suficiente estabilidad económica que le permite contar con asesoría externa para implantar proyectos de tipo tecnológico, cuenta con personal comprometido en el desarrollo de los proyectos el cual le garantiza a la empresa la implantación, en este caso para la empresa grande el caso que se estudia no aplica ya que estas empresas tiene una sustentabilidad económica que les permite realizar este tipo de proyectos sin provocar problemas en sus procesos y sin menores dudas ya cuenta con este tipo de tecnología.

IV.1.1. Misión y Visión

Desarrollar una visión estratégica y una misión del negocio permite trazar la dirección de la compañía a largo plazo, analizando su situación actual y visualizando de forma más clara si es necesario un cambio y cómo hacerlo dentro de los siguientes años.

IV.1.2. Definición del negocio

La extracción y el aprovechamiento de recursos minerales forma parte del desarrollo de la sociedad, esto se ha visto reflejado en el aumento de su demanda, con esto se ha buscado mejorar la eficiencia y el costo de los procesos de la industria, llevándola a buscar estrategias para ser más competitiva.

IV.1.3. ¿Quiénes somos?

Una empresa mexicana integrada por personal mexicano con experiencia y habilidad en la explotación de minas subterráneas, conocedores de las necesidades de la industria y sus clientes.

IV.1.4. ¿Qué hacemos?

Extraer minerales polimetálicos mediante prácticas responsables, basadas en normas de seguridad operacionales, ambientales y sociales.

IV.1.5. ¿Dónde estamos?

Nos encontramos en un panorama donde la tecnología se ha desarrollado de manera acelerada, con grandes cambios, el cual nos brinda la oportunidad de establecer nuevas formas de trabajo, apoyadas en innovaciones tecnológicas para lograr ventajas competitivas. El riesgo de la inversión con base en estos factores ha disminuido, debido al alto precio de los metales, incentivando a la industria, a generar nuevos proyectos mineros.

IV.1.6. ¿Hacia dónde vamos?

Generar un desarrollo tecnológico dentro de nuestros procesos, con personal altamente capacitado, creando una conciencia hacia la importancia de la tecnología como herramienta para el desarrollo. Obtener el mejor producto con la constante mejora en nuestros métodos de trabajo, fomentando una cultura laboral enfocada en el compromiso, la capacitación y la tecnología necesarias para crear valor, oportunidades de crecimiento y lograr una consolidación dentro de la industria.

IV.1.7. Establecimiento de objetivos.

El establecimiento de objetivos nos permite evaluar el desempeño específico de la estrategia por medio de resultados que contribuyan de manera significativa al éxito de la implantación. Estos resultados deben ser cuantificables y deben incluir un tiempo límite para su alcance. De este modo se presentan los siguientes objetivos que formarán parte del plan estratégico de la empresa para su crecimiento.

- 1. Mayor precisión en la obtención de resultados.** Permitirá obtener una menor incertidumbre en cuanto a la estimación de recursos y reservas, brindando un panorama más preciso y mejora del plan a largo plazo de explotación de la mina. *Tiempo estimado (2 años).*
- 2. Mayor velocidad en el diseño de obras.** Permite evaluar un cuerpo mineral desde distintos escenarios, ya que la forma de visualizarlo nos permite ya no realizar los planos de forma manual, definir el método que se usará para la extracción del mineral y las obras que se realizarán de una manera muy flexible y rápida, contribuyendo a la toma de decisiones. *Tiempo estimado (1 año).*
- 3. Manejo de mayor cantidad de información.** Permitirá almacenar de una forma fácil y organizada toda la información que se genere dentro del proceso de explotación, de este modo se dispondrá de dicha información en cualquier momento, colaborando con el análisis del proceso de extracción

para ubicar las actividades que requieran un cambio y así lograr la mejora en el método de trabajo.

4. **Toma de decisiones más acertada.** Permitirá elegir la mejor solución a las dificultades, y aprovechar las oportunidades que se puedan presentar para evitar el mal uso de los recursos con los que cuenta la empresa.
5. **Mayor productividad.** Al automatizar las tareas los costos se ven reducidos, ya que las actividades que requerían días de trabajo y muchos trabajadores ahora se realizarán en horas y con menos trabajadores permitiéndoles desempeñar más actividades enfocadas a la mejora de los procedimientos, así como, una mayor participación dentro de la toma de decisiones, lo cual se verá reflejado en la productividad.
6. **Reducción de costos.** Al tener una mejor forma de interpretar los datos del yacimiento y de la mina, el software reducirá costos, desde que se genera el modelo del yacimiento, hasta el diseño de obras adecuado para disminuir distancias de cargado y rezaga (menos gasto de energía y llantas), disminución de costo de mantenimiento en los equipos.
7. **Mayores utilidades.** Al disminuir los costos y aumentar la productividad en la mina se genera un aumento en las utilidades que beneficiará a todos los trabajadores.
8. **Mejor flujo de caja.**
9. **Implantar en las demás áreas innovaciones tecnológicas similares dentro de sus procesos.** El éxito de la implantación de una tecnología se irradia hacia otras áreas, incentivando el interés por formar parte del desarrollo tecnológico de la empresa.
10. **Reconocimiento de la empresa por su desarrollo tecnológico.** El reconocimiento nos brinda una confiabilidad frente a los clientes permitiendo alcanzar un mayor mercado en las ventas del producto.
11. **Desarrollo profesional, trabajo gratificante y satisfactorio para el personal.** El crecimiento de la empresa se encuentra basado en el desarrollo y satisfacción del personal ya que el recurso humano es uno de

los factores más importantes para el desarrollo y crecimiento de una empresa.

12. Generación de nuevos proyectos de inversión. La meta es lograr un mayor crecimiento y estabilidad, lo que se verá respaldado con un aumento de los activos de la empresa, los proyectos de exploración se verán beneficiados con el uso del software, de este modo permitirán impulsar nuevos proyectos de exploración.

13. Estabilidad en periodos de recesión.

14. Consolidación de la empresa.

IV.2. Definición del proyecto

El proyecto consiste en implantar un software de planeación minera dentro de una unidad minera. Teniendo en cuenta la importancia descrita con anterioridad del uso de tecnología en los procesos industriales, se ha llegado a la conclusión que una herramienta que permitirá el crecimiento de una empresa a largo plazo, es el uso de software, en este caso, un software de planeación minera que permitirá reducir costos, optimizar y disminuir el tiempo de procesos que favorecerán la toma de decisiones mas rápida.

Este proyecto de implantación se desarrollará en 6 fases, las cuales van desde el análisis de la necesidades de la empresa hasta la entrega del proyecto y las recomendaciones que se llevarán a cabo después de la implantación. Estas fases se muestran en los diagramas siguientes:

Fase 1. Análisis. Se traza un plan estratégico que permita el crecimiento de la empresa a largo plazo, ubicando las áreas estratégicas en las cuales se pueden realizar cambios orientados al cumplimiento de la misión y visión de la empresa.

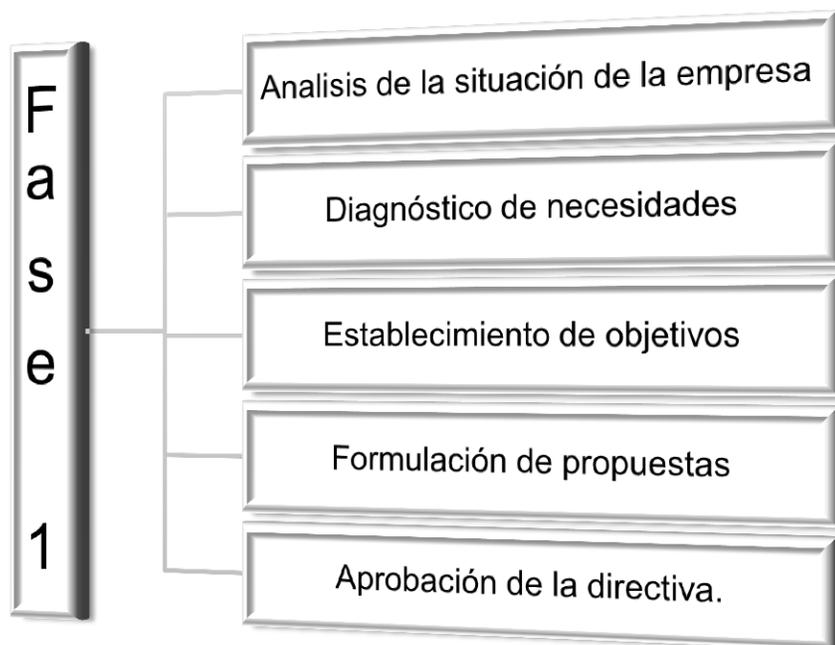


Diagrama 10. Fase 1 (Análisis)

Fase 2. Táctica. En esta fase se muestran las acciones que serán llevadas a cabo para el logro de los objetivos estratégicos; lo cual implica definir y plantear soluciones, determinar responsables del proyecto, asignar recursos y establecer la periodicidad para realizar todas las actividades y obtener resultados. De manera general cómo y cuándo se realizará y quién será el responsable.



Diagrama 11. Fase 2 (Táctica)

Fase 3. Implantación del sistema. Esta fase es fundamental para el éxito del proyecto, en ella se llevan a cabo tareas como: instalar y adecuar la red informática, instalar el software, la capacitación que se llevará a cabo, etc. De modo que la implementación se estructurará en fases, y estas se realizarán de forma progresiva.



Diagrama 12. Fase 3 (Implantación del sistema)

Fase 4. Evaluación y validación. Una vez implantado, se realiza una fase en la que se examina el sistema para la solución de posibles errores que vayan surgiendo y puedan dificultar el dominio por parte de los usuarios.

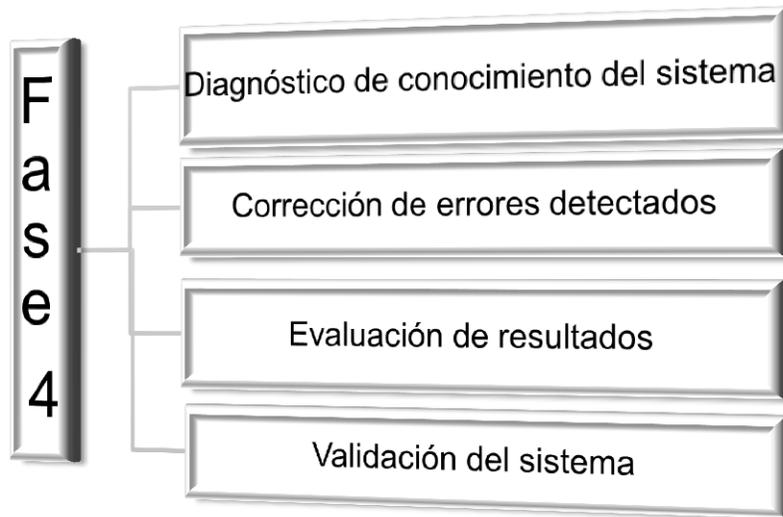


Diagrama 13. Fase 4 (Evaluación y validación)

Fase 5. Transición y Control. En esta fase el objetivo principal que se persigue es mejorar la organización interna, ya que según va avanzando el uso del software los objetivos de la empresa se van modificando, observando cómo se reduce notablemente el tiempo de producción y se va mejorando cada vez más la competitividad de la empresa.



Diagrama 14. Fase 5 (Transición y control)

IV.3. Planeación táctica del proyecto

La planeación táctica consiste en proponer las acciones que se realizarán para lograr los objetivos de la implantación en un lapso de tiempo, de este modo se puede observar la relación y duración de las tareas que intervienen en cada una de las fases.

Para implantar el software es necesario saber que existen 2 formas para realizarlo:

- Directa.
- Paralela.

Directa: este se lleva a cabo de tal forma que el sistema actual funcionará sólo durante la implantación del nuevo sistema (diagrama 15), una vez concluida la implantación el sistema actual será remplazado en su totalidad por el nuevo sistema.

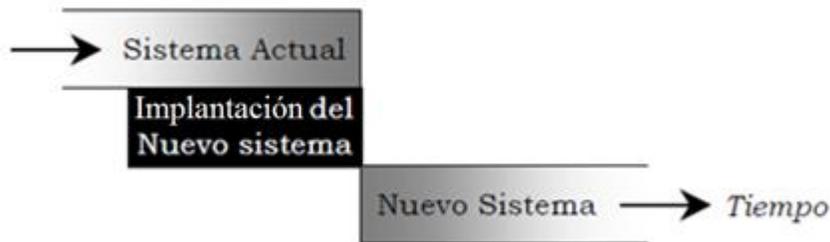


Diagrama 15. Implantación directa del software

La implantación directa, tiene una desventaja, ya que al sustituir en su totalidad el sistema actual por el nuevo, todas las funciones que se realizan pueden quedar paradas en el momento en que se lleguen a tener problemas con el nuevo sistema y en caso de un fallo de éste habrá que realizar de nuevo todas las funciones que se verán afectadas.

Paralela: el sistema actual funcionará de manera paralela al nuevo sistema durante la implantación y después de ella (diagrama 16), hasta lograr que el nuevo sistema se encuentre trabajando de manera correcta, de este modo no se verán afectadas las operaciones durante la transición de este sistema.

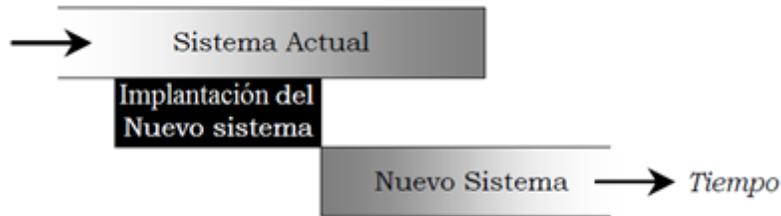


Diagrama 16. Implantación paralela del sistema

Este método requiere de mayor tiempo y trabajo para el uso del nuevo sistema pues se realizará el doble de trabajo hasta que el nuevo sistema se encuentre funcionando de manera adecuada, sin embargo, es el que muestra menor riesgo dentro de las operaciones de la organización ya que, al ser paralelo, la información que se maneja se encuentra respaldada en el sistema anterior.

IV.3.1. Designación del equipo de trabajo

En el desarrollo del proyecto de implantación del software minero tienen que participar todas las personas que trabajarán directamente con el software. Algo importante a tomar en cuenta es que la responsabilidad final de la elaboración, desarrollo y seguimiento recae en los directivos de la organización.

El equipo de trabajo es el encargado de impulsar y facilitar el alcance de la implantación. Por lo tanto, la selección y la constitución del mismo son de gran importancia.

Se recomienda que el equipo sea coordinado por una persona con jerarquía dentro de la organización, ya que esta será la encargada de llevar a cabo el proceso de implantación desde el inicio hasta la conclusión de este.

Para la selección de los miembros del equipo de trabajo se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Incluir en su composición miembros pertenecientes al equipo directivo y profesionales con experiencia y conocimiento sobre el área de trabajo donde se implantará el software.

- El número no deberá ser elevado (máximo recomendado 10 personas) para garantizar la operatividad del trabajo.
- Que los integrantes tengan capacidad para trabajar en equipo.

Al concluir con la formación del equipo de trabajo, el coordinador informará a los demás miembros acerca de sus funciones y procederá al reparto de tareas entre los mismos.

Durante la implantación es recomendable realizar reuniones periódicas, mensuales o semanales dependiendo de la importancia y la complejidad de las actividades llevadas a cabo, con el fin de monitorear el desarrollo de la implantación y poder realizar las modificaciones adecuadas de manera precisa. La formalización del equipo de trabajo se llevará a cabo con el llenado del siguiente formato en el cuál se encontrarán registrados los miembros y las actividades que realizarán.

CONSTITUCIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO				
COORDINADOR				
NOMBRE COMPLETO	PUESTO	ACTIVIDAD A CARGO	TELÉFONO	CORREO ELECTRÓNICO

Tabla 7. Formato para la constitución del equipo de trabajo

IV.3.2. Requisitos técnicos

Dos aspectos técnicos que son básicos para que funcione de una forma adecuada el sistema son:

- Disponer de una red con estructura cliente/servidor.
- Poseer una base de datos centralizada.

Se ha determinado que se disponga de una red con estructura cliente/servidor ya que los datos se encuentran centralizados y ningún usuario depende del otro para poder tener acceso a los datos que requiera. También por que este tipo de red permite crear cuentas y permisos que ofrecen mayor seguridad en los datos manejados.

Una vez tomada la decisión de disponer de una red cliente/servidor, el paso siguiente será hacer un inventario para determinar el hardware y el software disponible y lo que se necesitará adquirir.

Para realizar un inventario, se necesitará verificar los siguientes aspectos:

- Hardware
- Requerimientos de la red.

IV.3.3. Revisión del hardware

Es un proceso simple pero fundamental, ya que de este dependerá que se pueda realizar una futura ampliación en el sistema y por ende en la red. Se realizará una relación con las especificaciones de cada equipo.

Para cada equipo, se necesita recoger la siguiente información:

- Marca y modelo
- Fabricante del procesador y velocidad
- Cantidad de memoria (RAM) instalada.
- El tamaño y fabricante de cada disco duro.

- Detalles de cualquier otra unidad instalada, como unidades de CD-Rom y discos extraíbles.
- Monitor (marca, modelo y tamaño).
- Tarjeta de video (marca, modelo y cantidad de memoria).
- Cualquier dispositivo periférico instalado (impresoras, escáner, plotter, etc.)
- Tipo de puerto del equipo y si quedan o no conectores libres.

Los requerimientos necesarios que necesita el equipo de cómputo que se utilizará se describen en la tabla 9. En el caso de que las computadoras no reúnan los requisitos mínimos será necesario realizar una actualización.

IV.3.4. Requerimientos de la red

Después de examinar los recursos e instalaciones existentes, será necesario definir los requerimientos de la red (diagrama 17). Como mínimo se necesitará considerar lo siguiente:

- El tamaño de las instalaciones (localizadas en una planta o varias plantas).
- El número de usuarios.
- El entorno (oficinas, exteriores.)
- Los conocimientos técnicos de los usuarios.
- El nivel de tráfico que tendrá la red (actual y previsto para el futuro).
- El nivel de seguridad.

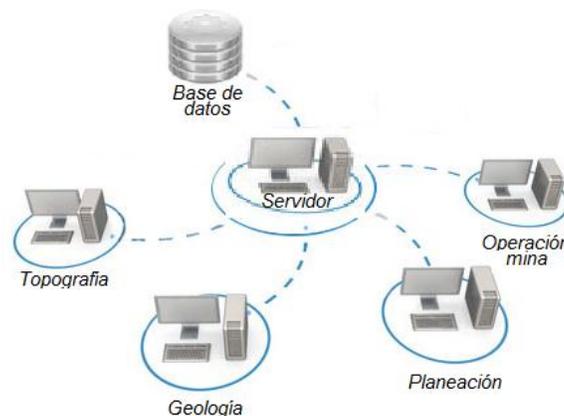


Diagrama 17. Red para el sistema del software minero

	Mínimo	Recomendado
Sistema Operativo	Microsoft Windows 7, Vista o XP	Microsoft Windows 7
Procesador	1.7 Ghz Doble Núcleo Intel o AMD equivalente	2.2 Ghz Cuatro Núcleos
Disco Duro	500 GB a 7200 RPM	500 GB a 10000 RPM
Memoria Ram	4 GB	8 GB
Tarjeta Gráfica	512 MB Open GI compatible con tarjeta de video 3D	2 GB o más Open GI compatible con tarjeta de video 3D
Monitor	1280 x 1024, 20" LCD	1920 x 1080, 20" LED
Software Adicional	Microsoft SQL Server 2005	Microsoft SQL Server 2005
	Microsoft Excel	Microsoft Excel
	Adobe Reader	Adobe Reader
DVD Rom	√	√
Puerto USB	2.0	2.0

Tabla 8. Requisitos del hardware*

*La tecnología cambia rápidamente y la información descrita aquí es correcta a la fecha agosto 2012.

IV.3.5. Mercado

La industria del software minero ofrece muchas alternativas en el mercado, desde aplicaciones específicas como modelado de yacimientos hasta productos que abarcan diferentes áreas para la gestión de recursos en la minería; en este apartado se explicará la situación actual del mercado, se resumirá la historia de las principales empresas dedicadas al software y se señalarán las soluciones que estos ofrecen.



²⁵ Mintec, Inc. es una empresa desarrolladora de software y servicios mundial para la industria minera, fundada en 1970.

En la actualidad, desarrolló un software y lo estandarizó para su venta a clientes grandes.

MineSight, la plataforma completa del software de Mintec para modelado y planeación de mina, ofrece soluciones integradas para exploración, modelado, diseño, planeación y producción. Desde sus oficinas principales en Tucson, Arizona, brinda eficacia y confiabilidad para mejorar la productividad en cada etapa de la vida de una mina.

El software MineSight contiene las siguientes aplicaciones:

- *Torque*: herramientas de visualización que simplifican la gestión de ensayos a través de secciones instantáneas en 2D y 3D, guarda, maneja y administra una cantidad ilimitada de datos de ensayos, voladuras y muestreos en una base de datos Microsoft SQL Server.
- *MineSight 3D*: avance sin problemas desde la etapa de exploración a los días finales de control de leyes. Su versatilidad y sus funciones centrales

²⁵ <http://www.minesight.com/es-es/company.aspx>

son el motor detrás de las tareas de análisis de datos, interpolación y codificación de modelos, y gestión y codificación de núcleos.

- *Geology*: contiene herramientas CAD que asisten en las tareas de interpretación, mapeo geológico de secciones y codificación de núcleos y modelos.
- *Data Analyst*: para administrar análisis geoestadísticos; y procesadores de interpolaciones para el modelado, como por ejemplo ponderación inversa de la distancia y vecino más cercano. Genera informes de estimaciones de recursos y reservas, y estadísticas: trazo por cuantiles (Q-Q) e histogramas.
- *Survey Package*: incluye todas las herramientas para cálculos complejos de volúmenes e intersección de superficies, importa y exporta con los equipos de levantamiento en los formatos estándar más populares. Los topógrafos pueden obtener volúmenes y superficies. Con las funciones CAD es posible manejar polilíneas, superficies y sólidos para crear diseños prácticos en el campo, a partir de planeaciones a gran escala.
- *Long Term Planning Open Pit Engineering*: planeación de tajos a largo plazo, brinda herramientas 3D CAD para producir diseños de tajos, y crear y administrar un modelo rentable. Es posible crear y administrar un modelo de reservas mediante interpolaciones básicas con modelos de bloques en 3D, estratigráficos y de superficies cuadrículadas.
- *Economic Planner*: que permite planear y diseñar las secuencias de arranque y el ciclo de vida de mina, y además posibilita la evaluación rápida de planes alternativos para maximizar el valor actual neto.
- *Short Term Open Pit Engineering*: Cree un plan de corto a mediano plazo con secciones o sólidos de minado por banco, para la planeación, emplea un modelo de bloques 3D, un modelo estratigráfico o una base de datos de núcleos, crea informes con las herramientas de cálculo de reservas, se actualizan la topografía de pie/cresta de mina durante el arranque actual, así como se digitalizan cortes con cálculos instantáneos de reserva e informes por corte y acumulados, para un período de planeación.

- *Underground Engineering Package*: Diseña e interconecta chimeneas, cruceros, descargas de mineral y vías de transporte. Las herramientas CAD 3D de MineSight para modelamiento e intersección de sólidos también trabajan con cámaras, y pilares. La planeación de la extracción del cuerpo mineralizado se simplifica con las herramientas de reservas que generan cálculos rápidos con o sin dilución.
- *Interactive Planner*: creación de los cronogramas, es un elemento clave y centralizador en la gestión de núcleos, funciones de diseño y aplicaciones estadísticas y de modelado y planeación, ya que crea secciones de minado y los representa en informes y despliegues de las áreas planificadas.
- *Blast Pattern Editor*: diseño de plantillas de voladura.

Nombre de la empresa	Software	Tiempo de existencia	Oficinas centrales	
Mintec, Inc.	MineSight	42 años	Tucson, Arizona, EE.UU	
Módulos	Paquetes	Módulos	Soporte técnico	Capacitación
1.-Torque	Exploración	1 y 2	Telefónico	En oficinas centrales
2.- MineSight 3D	Geología	1, 3 y 4	Correo electrónico	Personalizada
3.- Geology	Topografía	5	Rutinas	En unidad minera
4.- Data Analyst	Planeación de tajo largo plazo	6 y 7	Servicio técnico del software	
5.- Survey Package	Planeación de tajo a corto y mediano plazo	2 y 8	Visitas técnicas a minas	
6.- Long Term Planning Open Pit Engineering			Análisis detallado de datos	
7.- Economic Planner	Subterráneo	9, 10 y 11		
8.- Short Term Open Pit Engineering	Producción	1, 10 y 11		
	Subterráneo 2	1, 2, 10, 11		
9.- Underground Engineering Package	Cielo abierto	2, 4, 7, 8, 10 y 11		
	Estratigrafía	12		
	Integral	Completo		
10.- Interactive Planner				
11.- Blast Pattern Editor				
12.- Stratigraphic				

Tabla 9. Ficha técnica MineSight.



CAE Mining²⁶ El software minero DATAMINE fue producido por Mineral Industries Computing Limited, una compañía fundada en 1981 y dedicada a la provisión de Software Especializado y Servicios para la Industria Minera a través del mundo. CAE fue fundado en 1947 y tiene su sede en Canadá. Fue creado tras la adquisición del Grupo Datamine, un proveedor líder en software y servicios de planeación de mina, modelado geológico y optimización, con clientes en 70 países.

El principal producto es Datamine Studio el cual está construido con base en un núcleo central llamado Core, ofrece soluciones que van desde la exploración de la gestión de datos y el modelado de mineral del cuerpo, para planear el minado y la gestión de operaciones.

Las aplicaciones con las que cuenta son las siguientes:

- *Núcleo Central (Core):* Diseño interactivo en 3D, Manejo y Procesamiento de la Información, y Herramientas de Impresión.
- *Exploración:* Entrada de datos, Estadística, Edición de datos, Evaluación de Reservas
- *Modelado Geológico:* Geoestadística, Modelo de Bloques, Evaluación de Reservas.
- *Mecánica de Rocas:* Mapeo, estereografía, Clasificación del Macizo Rocosos.
- *Planeación de Mina Cielo Abierto:* Optimización de Bancos, Planeación a Largo Plazo, Diseño de Rampas y Bancos.
- *Planeación de Mina Subterránea:* Optimización y Diseño de Desarrollos y Obras Mineras.
- *Producción Mina:* Manejo de Topografía, Control de Leyes, Planeación, compositos para la Producción

²⁶ <http://www.cae.com/en/mining/home.asp>

- *Rehabilitación de la Mina:* Ingeniería Ambiental, Rehabilitación y Estudios del uso de Terrenos.

Nombre de la empresa	Software	Tiempo de existencia	Oficinas centrales
CAE Mining	Datamine Studio	31 años	Ontario, Canadá.
Módulos	Paquetes	Soporte técnico	Capacitación
1.- Visualizador 3D	Core	Telefónico	En Sudáfrica, Canadá, Australia y EE. UU
2.- Exploración Geológica	Exploración	Correo electrónico	
3.- Geoestadística avanzada	Modelado geológico	Rutinas	En unidad minera
4.- Modelado de bloques	Mecánica de rocas	Servicio técnico del software	Personalizada
5.- Modelado de Sólidos	Planeación de mina a cielo abierto	Visitas técnicas a minas	
6.- Manejo de topografía		Asesoría en implantación de software	
7.- Diseño de mina a cielo abierto	Planeación de mina subterránea	Asesoría geológica-minera	
8.- Planeación de producción	Producción mina		
9.- Planeación a corto plazo	Rehabilitación de la mina		
10.- Diseño de minas subterráneas			
11.- Diseño de voladuras			
12.- Optimización subterránea			

Tabla 10. Ficha técnica Datamine Studio



Es un proveedor de software, hardware y servicios para la industria minera mundial.

Maptek Vulcan™ Software proporciona información espacial 3D avanzada, visualización, modelado, y análisis en la industria minera. Desde la exploración, pasando por diseño de mina y la planeación, hasta la rehabilitación de la mina.

Los productos y servicios de Maptek están específicamente diseñados para ayudar a manejar los proyectos desde la exploración hasta la puesta en operación.

Los módulos son los siguientes:

²⁷ http://www.maptek.com/cl/acerca_de_maptek/

Enviewer: Rápida capacidad de visualización de datos 3D para presentaciones.

Modeller: Herramientas de visualización y modelamiento CAD y 3D.

Explorer: Visualización y ambiente de modelamiento 3D para probar y validar los modelos de exploración.

GIS Explorer: Visualiza y analiza datos desde sistemas SIG de terceros.

GeoModeller: Diseña y modela en verdadero ambiente o entorno 3D.

GeoStatModeller: Paquete completo para modelamiento geológico y la estimación de reservas.

Sistema de Escaneo Láser I-Site: Herramientas para formación de imágenes para grandes grupos de datos.

Block Modelling: Creación, visualización y manipulación de complejos modelo de bloques y sub-bloques

Pit Optimiser: Desarrolla de manera adecuada la información geológica, geotécnica y económica.

MineModeller: Herramientas de diseño de tajo que funcionan en conjunto con los modelos de bloques.

Interactive Surface Road Design: Un completo conjunto de herramientas para diseñar todos los aspectos de una mina subterránea.

Módulo Drill & Blast Design: Herramientas avanzadas de perforación y voladura para asegurar un fracturamiento confiable del material.

Haulage Profile & Productivity Analysis: Un completo conjunto de herramientas para optimizar la productividad de los equipos.

Open Pit Mine Planning Tools: Completo conjunto de herramientas de planeación para roca dura y aplicaciones estratigráficas.

Módulo Drill & Blast Design: Herramientas avanzadas de perforación y voladura para asegurar un fracturamiento confiable de material.

Ventilación: Asegura un adecuado flujo de aire e identificar las áreas problemáticas.

Módulo Polygon Reserver: Herramienta de planeación a corto plazo para la programación de producción por tonelaje, ley y tipo de material.

Igant Interfase: Herramientas de programación subterránea optimizadas para aprovechar la potencia y la flexibilidad de las herramientas Igatt MineMax.

Chronos Schedule Optimisation module: Genera óptimas secuencias de programación, basado en un conjunto de reglas o límites de programación.

Nombre de la empresa	Software	Tiempo de existencia	Oficinas centrales
Maptek	Vulcan	30 años	Adelaide, Australia
Módulos	Paquetes	Soporte técnico	Capacitación
1.- Enviewer	Exploración	Telefónico	En oficinas centrales
2.-Modeller	Estimación de reservas	Correo electrónico	Personalizada
3.- Explorer	Planeación minera	Rutinas	En unidad minera
4.- GIS Explorer	Modelamiento geológico	Servicio técnico del software	
5.- GeoModeller	Diseño minero	Visitas técnicas a minas	Oficinas
6.-GeoStatModeller	Planeación a cielo abierto	Análisis detallado de datos	Australia, Brasil, EE.UU, Chile, México, Perú, Indonesia y Rusia
7.- Escaneo Láser I-Site	Planeación subterránea	Asesoría técnica	
8.- Block Modelling	Operación minera		
9.- Pit Optimiser	Producción minera		
10.- MineModeller	Rehabilitación y recuperación		
11.-Interactive Surface Road Design			
12.- Drill & Blast Design			
13.- Haulage Profile & Productivity Analysis			
13.- Ventilación			
14.- Polygon Reserver			
15.- Igantt Interfase			

Tabla 11. Ficha técnica Vulcan



²⁸ Las mayores empresas mineras, incluyendo a BHP Billiton, Codelco, De Beers, Newmont y Vale, son clientes de Gemcom..

- **Gemcom Surpac:** Contiene herramientas integrales que incluyen:

Gestión de datos de perforaciones, modelamiento geológico y de bloques, geoestadística, diseño de minas, planeación minera y estimación de reservas, entre otras.

Aumento de la eficiencia dentro de los equipos de trabajo gracias a un mejor intercambio de datos, técnicas y conocimientos del proyecto.

En Surpac es posible automatizar todas las tareas y alinearlas con los procesos y flujos de datos específicos de la empresa.

La facilidad de uso del programa garantiza una rápida comprensión del sistema y de la información del proyecto por parte del personal.

Surpac es modular y se puede personalizar de forma fácil.

Surpac reduce la duplicación de datos mediante su conexión con bases de datos relacionales y su compatibilidad con formatos de archivo comunes como GIS, CAD y otros sistemas.

Secuenciamiento integrado de la producción con Gemcom MineSched™.

Respaldo multilingüe: inglés, chino, ruso, español, alemán y francés.

²⁸ <http://es.gemcomsoftware.com/la-empresa/informaci%C3%B3n-general>

Nombre de la empresa	Software	Tiempo de existencia	Oficinas centrales
Gemcom	Surpac	-	Vancouver, B.C. Canada
Módulos	Paquetes	Soporte técnico	Capacitación
1.- Gems	Gestor de datos	Telefónico	En oficinas centrales
2.- Minesched	Estimación de reservas	Correo electrónico	Personalizada
3.- Whittle	Planeación minera	Rutinas	En unidad minera
4.- InSite	Modelamiento geológico	Servicio técnico del software	
5.- PCBC	Diseño minero	Visitas técnicas a minas	
6.- Hub	Planeación a cielo abierto	Análisis detallado de datos	Australia, Brasil, EE.UU, Chile, México, Perú, Indonesia y Rusia
	Planeación subterránea	Asesoría técnica	
	Operación minera		
	Producción minera		
	Rehabilitación y recuperación		

Tabla 12. Ficha técnica Surpac

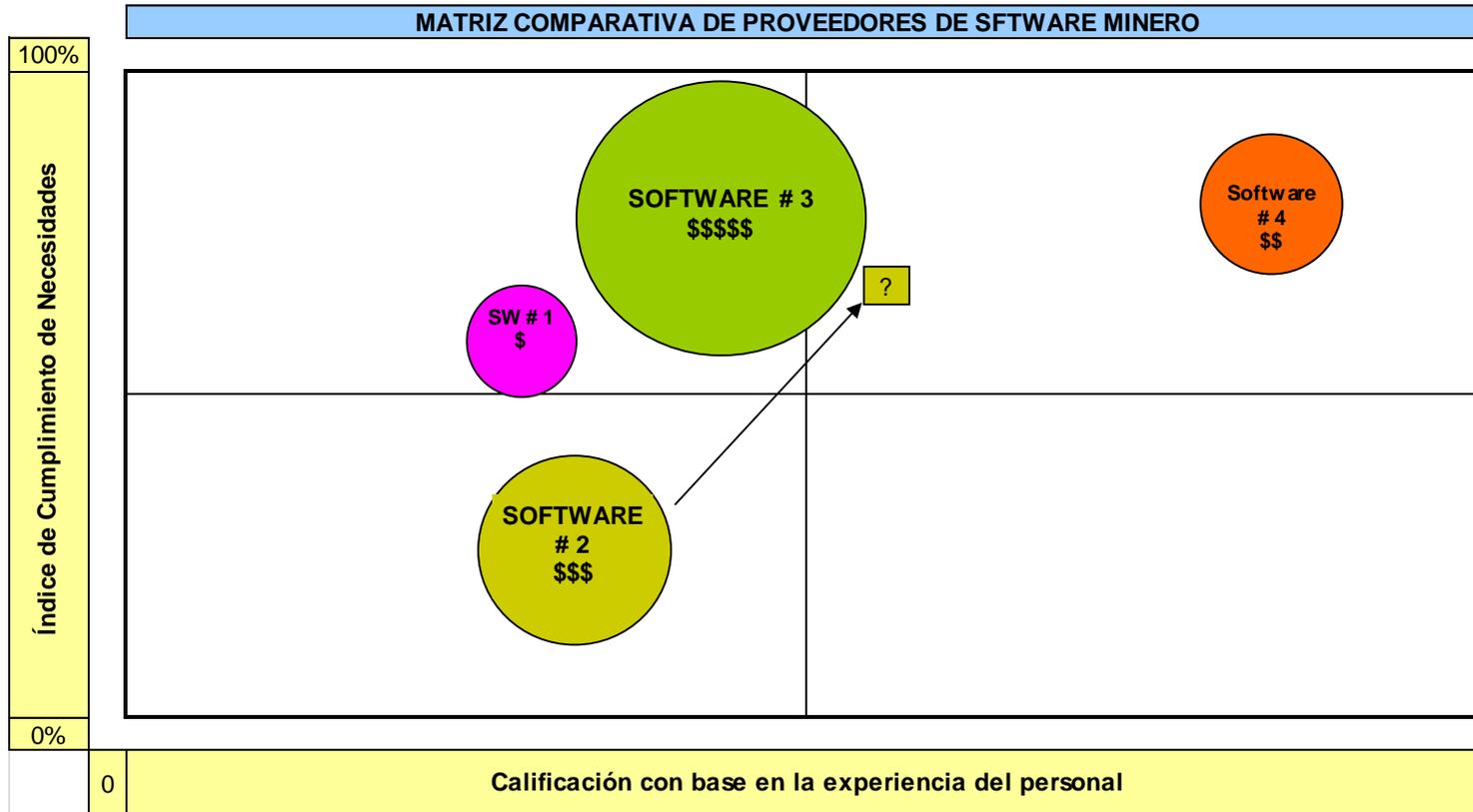
Una vez teniendo conocimiento de lo que ofrece el mercado de software minero, se procede a realizar un análisis de cada una de las opciones.

Una herramienta que servirá para hacer este análisis será un cuadro comparativo (diagrama 18), que permitirá analizar gráficamente qué tan conveniente es obtener alguno de estos softwares, y de este modo disminuir el riesgo de la implantación.

IV.3.7. Riesgos de la implantación

Una vez teniendo presentes el método de implantación, los requerimientos técnicos, las diferentes alternativas que hay en el mercado y haberse decidido por una en específico, es momento de conocer los riesgos que se pueden presentar al implantar el sistema del software minero y tenerlos en cuenta para lograr disminuirlos y realizar con éxito la implantación.

Hay diferentes tipos de riesgos, entre ellos se pueden encontrar los llamados riesgos típicos, este tipo de riesgos son muy comunes, conocidos, predecibles y de fácil solución, sin embargo, hay otros que son difíciles de prevenir y estos son propios de cada empresa. También existen riesgos humanos (disponibilidad de recursos, capacitación, resistencia al cambio, etc.), riesgos técnicos (infraestructura necesaria, hardware y software adecuado, etc.), riesgos



INTERPRETACIÓN:

SOFTWARE # 3 es la aplicación de mayor costo y recomiendan que su implantación sea en toda la empresa
 SOFTWARE #4 es la opción más cercana con las necesidades de la empresa y la experiencia del personal. Su oferta econó
 SOFTWARE # 1 ocupa el tercero y lugar y su precio es menor
 SOFTWARE # 2 presenta largo tiempo de implantación, mayor precio e incertidumbre en su resultado final

\$\$\$\$\$ = Muy elevado
 \$\$\$ = Elevado
 \$\$ = Intermedio
 \$ = Bajo

Diagrama 18. Cuadro comparativo de alternativas de software.

metodológicos (estrategia de implantación adecuada), riesgos de mercado (cambios drásticos, obsolescencia, etc.).

Los siguientes podrían ser algunos de los factores que representarían un riesgo:

- El sistema no tiene el desempeño esperado, no está funcionando en el plano especificado o que no se puede usar como se pensó hacerlo.
- Es demasiado complejo.
- La interfaz con el usuario puede ser muy deficiente
- Puede funcionar bien, pero el costo de su implantación y operación rebasa por mucho el presupuesto.
- El sistema no opera bien
- La información que se proporciona no es oportuna ni eficiente.
- Malas prácticas en el manejo del cambio.
- El temor y la ansiedad en toda la organización

Los factores arriba mencionados se verían reflejados de la siguiente forma en la implantación:

- Falta de compromiso con el proyecto.
- Presupuesto insuficiente
- Problemas de capacitación
- Problemas con el hardware y software
- Falta de comunicación
- Falta de motivación.
- Fallas técnicas
- Resistencia al cambio.

De este modo, las recomendaciones para abordar este tipo de riesgos son diversas, dependiendo de la estructura y la organización a la que vayan dirigidas. Las recomendaciones serían las siguientes:

- Participación e influencia de los usuarios.

Tener en cuenta la incorporación de los conocimientos y la experiencia de los usuarios, logrará que ellos se sientan más comprometidos con la implantación y aumentará la probabilidad de lograr el éxito en ella.

- Apoyo de la organización.

Si hay apoyo por parte de los directivos de la organización, los usuarios y el personal técnico estarán convencidos que se les reconocerá su esfuerzo.

- Evaluar nivel de complejidad vs riesgo

Hay que tener claro que entre mayor complejidad tenga la implantación mayor será el riesgo. Es conveniente poner énfasis en la experiencia del equipo de implantación ya que a menor experiencia del equipo, mayor será el riesgo y viceversa.

- Administración del proceso de implantación.

Es importante tener sistematizado todo el proceso de implantación, ya que de este modo se pueden anticipar los problemas que se pueden presentar durante la implantación y se pueden aplicar estrategias de corrección apropiadas.

- Herramientas de control

Son las técnicas que se aplican durante la implantación para monitorear el avance hacia la terminación de una tarea y el cumplimiento de metas y objetivos.

- Ambiente laboral

Crear un ambiente laboral adecuado para la implantación; de este modo, antes de implantar el nuevo sistema se tienen que resolver los problemas que se encuentren dentro de la organización, así como, reestructurar los incentivos para los usuarios del nuevo sistema.

- Análisis del impacto sobre la organización

Estudiar la forma en que la implantación afectará la estructura, las actividades, la toma de decisiones y las operaciones de la organización.

IV.3.7 Cronograma de actividades

Una herramienta que mostrará el tiempo que tomará la realización de las actividades dentro del proyecto de implantación del software es un diagrama de Gantt, en el cual se describen las actividades que son vitales para el proyecto.

De este modo, se podrá visualizar el inicio y el fin del proyecto, y a su vez, la interacción de algunas de las actividades que serán dependientes de otras por las cuales no se podría dar continuidad al proyecto si no llegaran a concluirse, la identificación de dichas actividades permitirá saber qué actividades tienen mayor prioridad y en cuáles enfocar mayores esfuerzos para evitar el retraso del proyecto y el posible fracaso de este.

El diagrama 19 muestra el cronograma destinado para este proyecto de implantación desarrollado en 5 fases.

Los tiempos que se muestran en el cronograma, se basan en implantaciones realizadas con sistemas de información, solo es una estimación, ya que hay diferentes parámetros que pueden generar variaciones en los tiempos.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																								
ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	MES 18	MES 19	MES 20	MES 21	MES 22	MES 23	MES 24
FASE 1																								
Análisis de la situación de la empresa	■																							
Diagnóstico de necesidades		■																						
Establecimiento de objetivos			■																					
Formulación de propuestas				■																				
Revisión y aprobación de la directiva					■																			
FASE 2																								
Definición de software a implantar				■																				
Evaluación y alternativas en el mercado					■																			
Evaluación de requisitos técnicos						■																		
Designación del equipo de trabajo							■																	
Contacto con proveedores para solicitar y recibir presupuestos								■																
Evaluación y aprobación de las ofertas									■															
Adquisición de equipos										■														
Entrega del software por parte del proveedor											■													
FASE 3																								
Instalación de equipos																								
Diseño y distribución física del sitio de los equipos																								
Conexión de los equipos																								
Pruebas de encendido y verificación de hardware																								
Instalación del sistema operativo																								
Instalación de aplicaciones base al sistema operativo																								
Instalación de aplicaciones web																								
Instalación del software minero																								
Pruebas de integración del sistema																								
Pruebas preliminares del funcionamiento de los módulos del sistema.																								
Pruebas de la interfaz de usuario																								
Pruebas de respaldo de base de datos																								
Cargado de datos																								
Pruebas de comunicación																								
Pruebas de configuración y rendimiento																								
Diseño de presentación del manual de usuario																								
Redacción del contenido preliminar																								
Correcciones al manual de usuario																								
Presentación del manual de usuario																								
Capacitación de los usuarios																								
Demostración del manejo del sistema																								
Implantación preliminar																								
Corrección de errores detectados																								
Instalación del cableado para la red																								
Periodo de pruebas																								
FASE 4																								
Evaluación del dominio del sistema																								
Ajustes y mejoras																								
Conversión de los datos al nuevo sistema																								
Evaluación del funcionamiento del nuevo sistema																								
Evaluación de resultados																								
FASE 5																								
Entrega del sistema																								
Recomendaciones																								

Diagrama 19. Cronograma de actividades

IV.4. Implantación del proyecto

El término implantación ha sido definido por Laudon & Laudon²⁹ como *“todas las actividades encaminadas a adoptar, administrar y hacer rutinaria una innovación”*. De esta forma, muchos autores han logrado desarrollar una visión dinámica de la implantación dirigida a la tecnología, caracterizándola como un proceso tecnológico basado en la organización propuesta por Leavitt llamada **“Diamante de Leavitt”**. El tipo de organización que propone consta de cuatro componentes que interactúan entre ellos constantemente, estos son: estructura, tareas, tecnología y personas.

De esta forma Leavitt explica que la implantación de un sistema de información implica cambios en los componentes tecnológicos de la organización, y esto a su vez, genera cambios en los otros tres componentes. En la figura 33, se muestra la organización del diamante de Leavitt.

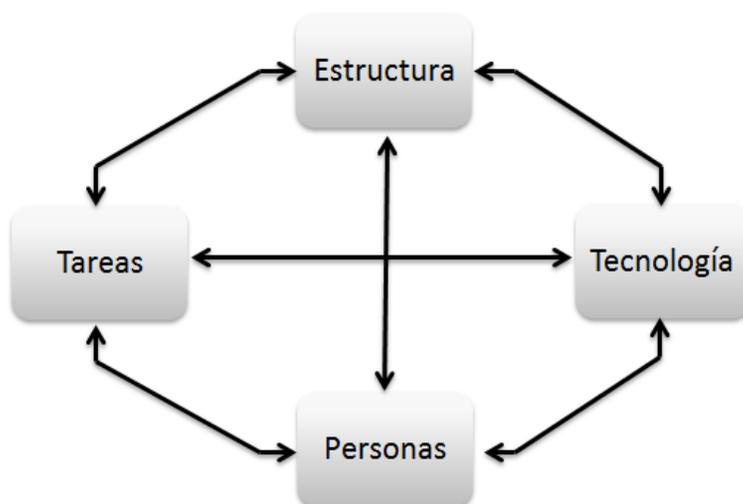


Figura 33. Diamante de Leavitt.

²⁹ <http://ellibrolibre.com.ar/descargas/laudon.pdf>

Como se ha visto, la estrategia se ha ido estructurando en fases que se irán realizando de forma progresiva, esto sirve para disminuir riesgos y permite controlar de una mejor manera los costos que se van presentando durante el proceso.

Una vez que se toma la decisión de instalar un software minero dentro de la organización y de haber elegido una de las alternativas que ofrece el mercado, es momento de dar paso a la implantación.

La fase de implantación de un sistema es la parte donde hay una mayor inversión, ya que este proceso requiere de suficiente personal, herramientas y recursos, a la vez consume más tiempo en toda la vida del proyecto, porque se llevan a la práctica todas las actividades que se desarrollaron durante las fases anteriores.

Hay que tener en cuenta que la duración de la implantación no se puede calcular exactamente, ya que depende de muchos factores y solo se puede dar una aproximación de esta.

La implantación se realizará en cinco etapas, algunas se podrán llevar a cabo de manera individual y otros de manera conjunta dada su interdependencia. Las etapas se muestran en la figura 34:



Figura 34. Etapas de implantación del software minero

Instalación

La instalación es el proceso en el cual se sustituye el equipo actual con el que se han realizado las actividades durante un cierto tiempo, por el equipo que lo remplazará. En algunos casos será necesario remplazar todo el equipo por uno nuevo dependiendo del nivel de tecnología en que se encuentre dicha empresa. Pero en la medida que estos cambios sean mínimos, la inversión dentro del proyecto no se verá afectada.

De este modo se puede subdividir la instalación en dos procesos:

- Equipo
- Software

Instalación del equipo

Se puede decir que la instalación del equipo debe de ser realizada por técnicos que tengan conocimiento en redes informáticas que puedan permitir un buen flujo de información entre los equipos.

Dos aspectos técnicos que son básicos para que funcione de una forma adecuada el sistema son:

- Disponer de una red con estructura cliente/servidor.
- Poseer una base de datos centralizada.

Una red con estructura cliente/servidor utiliza una computadora llamada servidor, esta le brinda servicio a las demás terminales de red conocidas como cliente, dependiendo de la función de cada usuario. De este modo, cada usuario tiene acceso a la base de datos y el alcance en la edición o modificación dependerá de la asignación del usuario.

El servidor se encarga de controlar la base de datos y gestionar las peticiones de datos de cada terminal o usuario.

La base de datos centralizada es un conjunto de datos que se encuentran organizados de tal modo que pueda garantizar el acceso rápido y sencillo a estos.

El diagrama 20 muestra la forma en que deben estar asociados los equipos en la instalación.

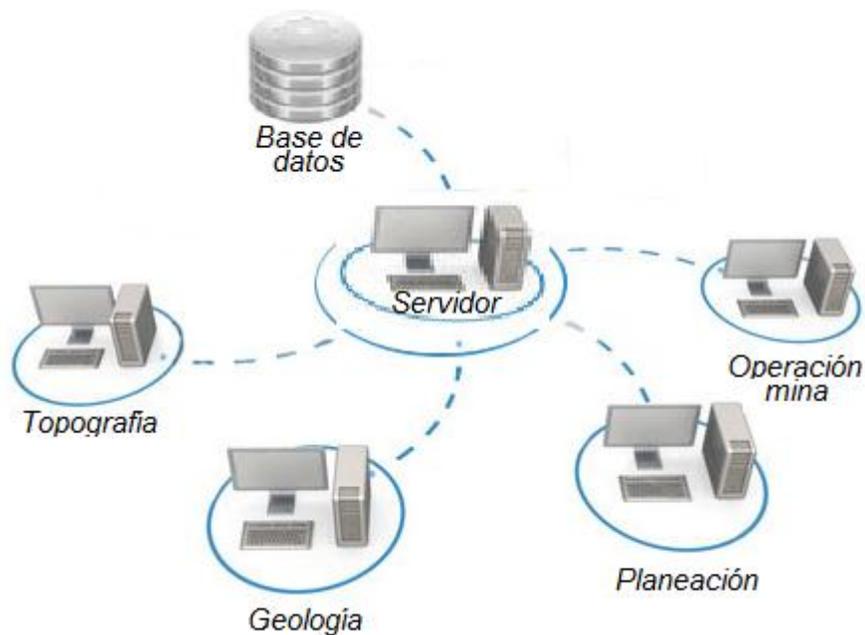


Diagrama 20. Esquema de una red cliente/servidor.

Instalación del software

Este proceso es llevado a cabo por el(los) proveedor(es) del software que se ha elegido. El tiempo que lleva la instalación dependerá de los módulos que se hayan solicitado, así como de los requerimientos de aplicaciones que se necesiten para que el sistema funcione de una manera adecuada. Algunas aplicaciones son:

- **Procesador de textos**
- **Hoja de cálculo**
- **Lector de archivos pdf.**
- **SQL**
- **Etc.**

Pruebas

Un sistema falla por que alguno de sus componentes tiene algún defecto. Este puede ser de fabricación o de una mala instalación, es por esto que hay que realizar pruebas para eliminar los defectos surgidos en la etapa de instalación del sistema.

Algunas pruebas que se realizan en el periodo de instalación son:

- Encendido y verificación del hardware.
- Comunicación.
- Configuración y rendimiento.
- Respaldo de base de datos.
- Interfaz del usuario.
- Funcionamiento de los módulos del sistema.
- Integración del sistema

Lo mejor es tener un plan de pruebas el cual pueda estar sistematizado y de este modo no tomar mucho tiempo del proyecto para desahogar este proceso que puede llevar a cabo el equipo de soporte técnico destinado a la realización de esta tarea.

Un plan de pruebas se puede enfocar en tres aspectos para determinar la evaluación del sistema instalado, que pueden ser:

- Pruebas unitarias
- Pruebas de integración
- Pruebas del sistema

Conversión de datos

La conversión de datos es el proceso mediante el cual se transfieren los datos utilizados por el sistema actual a un formato adecuado para el nuevo sistema. Este proceso se llevará a cabo durante la implantación. Este proceso apoyará la

capacitación de los usuarios hacia el nuevo sistema el cual les brindará confiabilidad en la realización de su nueva forma de trabajar.

Se buscará la integración de todos los datos necesarios tomando en cuenta la revisión, depuración, filtración y reunión de los datos antes de que estos sean migrados al nuevo sistema.

Existen 4 métodos³⁰ para llevar a cabo la conversión (diagrama 21); es importante analizarlos para saber escoger el adecuado y lograr con éxito la implantación.

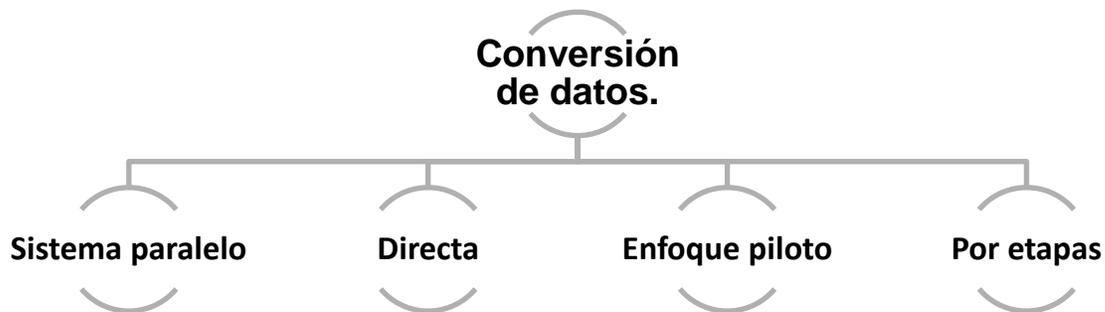


Diagrama 21. Métodos de conversión de datos

- **Sistemas paralelos:** es el método más seguro, el cual consiste en poner a trabajar los dos sistemas en paralelo, de esta manera los usuarios siguen utilizando el sistema anterior de manera acostumbrada, aunque van teniendo más contacto con el otro. Los datos van a ser migrados poco a poco de un sistema a otro sin que el usuario se dé cuenta, de este modo se ve en la necesidad de usar más el nuevo sistema. Una de las desventajas es que al estar operando los dos sistemas los costos se duplicarán debido a que pudiera ser que se tenga que contratar personal para que opere los dos sistemas, puede que también el nuevo sistema sea rechazado por los usuarios y se vuelva al sistema anterior.
- **Conversión directa:** este tipo de conversión se hace de manera radical viéndose en la necesidad el usuario tanto física como psicológicamente de

³⁰ http://une-senn.tripod.com/new_page_3.htm

utilizar el nuevo sistema. Esto tiene una desventaja ya que al eliminar por completo el sistema antiguo se quedan sin respaldo, y si el sistema nuevo llegase a tener problemas este quedará parando a la empresa hasta que se solucione, también la empresa se retrasa varias semanas debido a que toda la captura de datos debe empezarse de nuevo y los departamentos deben ponerse a trabajar en ello. Una vez que empiece este proceso debe seguirse a pesar de las frustraciones que puede haber por cuestión de tiempo perdido. Este método necesita una buena planeación, para que así no exista pérdida de ningún tipo.

- **Enfoque piloto:** este método funciona de la siguiente manera, se tiene el sistema pero sólo se le aplica a un departamento a manera de prueba, para así también irlo probando y mejorándolo, una vez capaces de trabajar con él y sabiendo que el sistema está trabajando correctamente optimizando las tareas en ese departamento (costos, tiempo etc.), se va a implementar en otros departamentos.
- **Modelo por etapas:** este método se aplica cuando el nuevo sistema tardará en llegar al lugar de implantación. Esto se presenta cuando la implantación va dirigida a una unidad minera específica de una empresa y para que pueda ser implantado en las otras unidades pasaran meses y es por eso que sólo algunos tendrán acceso a él.

Capacitación

La implantación de una nueva tecnología es una situación que debe analizarse ya que se debe tener en cuenta el impacto que tendrá el nuevo sistema en los trabajadores, podría presentarse el caso que alguno de ellos no se encuentre familiarizado con esta nueva forma de trabajo. De esto, dependerá el tipo de capacitación que requerirán los futuros usuarios del nuevo sistema, observando que la capacitación se realice directamente con el equipo donde se trabajara (navegación, menús, funciones, características, etc.).

Entiéndase por capacitación al conjunto de actividades que se llevan a cabo para que una persona o un grupo de personas adquieran nuevos conocimientos o herramientas necesarias para el mejor desarrollo de sus habilidades.

Es importante que cada una de los futuros usuarios tenga en claro las funciones que desempeña dentro de la organización, ya que esto le permitirá saber qué podrá realizar con el software.

Hay distintas formas de capacitación que se pueden brindar, cada una de estas se puede adaptar a las necesidades que se requieran. En el diagrama 22 se muestra el tipo y el medio mediante el cual se puede realizar la capacitación.

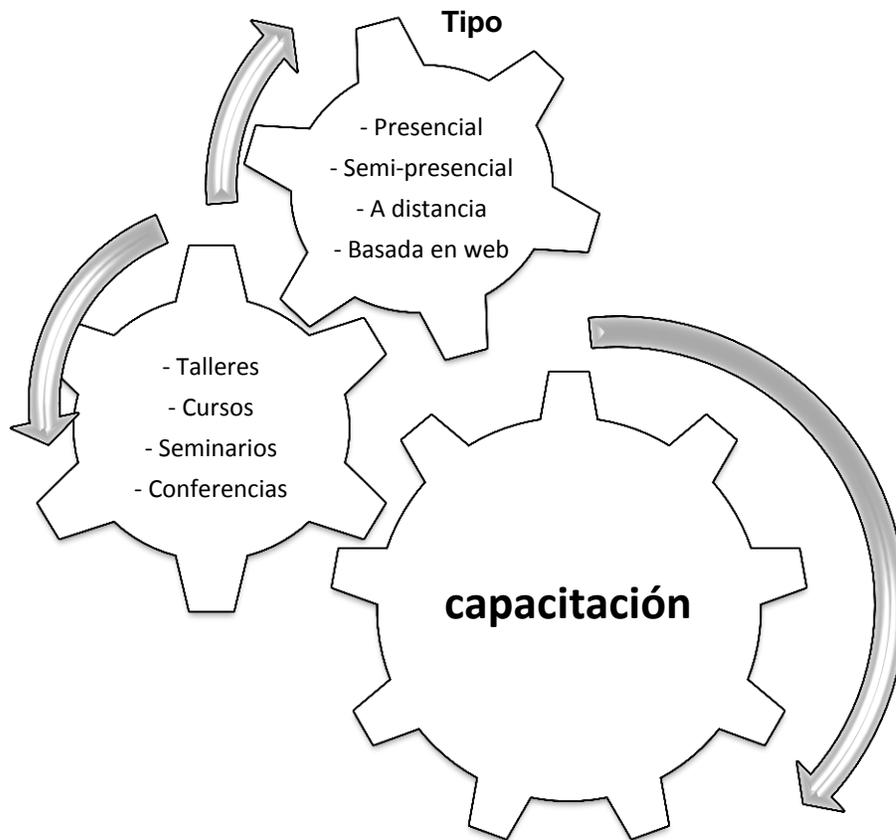


Diagrama 22. Tipos de capacitación en software minero

El tipo, medio y duración de la capacitación que necesitará el personal para el manejo y el mantenimiento del nuevo sistema dependerá de varios factores, tales como aptitudes y experiencia previas del personal, tareas que vaya a desempeñar, características concretas y requisitos de mantenimiento del sistema de *hardware* y *software* utilizado.

La capacitación no se realiza sólo durante la fase de implantación del software, en esta fase es cuando es más intensa, pero se debe tener claro que si se requiere que el sistema se vaya desarrollando, se debe recibir una capacitación constante, la cual puede ser programada con el proveedor del software que se adquirió.

Es importante considerar que durante la capacitación se pueden presentar incomodidades por parte del personal debido al temor de cambiar de funciones laborales y adquirir nuevas habilidades debido a la automatización de tareas realizadas por el software, esto puede crear conflictos en el desarrollo del proyecto. Entre las estrategias que pueden contribuir a solucionar este tipo de problemas se incluyen las siguientes: mantenerlos informados sobre el estado y los objetivos del proyecto, así como sobre sus nuevas funciones, haciéndolos participar en el proyecto desde el principio (en el diseño, la revisión, la realización de pruebas) y asegurándose que reciban la capacitación adecuada.

Documentación

La documentación es una etapa que se encuentra presente en todo el proyecto, ya que de este modo se puede preservar toda la información desarrollada con respecto a éste, permitiendo reutilizarla para acciones futuras que sean convenientes para la organización.

El objetivo de la documentación es permitirles a todos los usuarios:

- Describir el sistema.
- Proporcionar información para grupos de funciones relacionadas.

- Indicar cómo se llevan a cabo las actividades.
- Permite analizar la realización de sus actividades sirviendo de base para la mejora continua.
- Facilita la resolución de problemas.

El diagrama 23 muestra los documentos que forman parte de esta etapa:

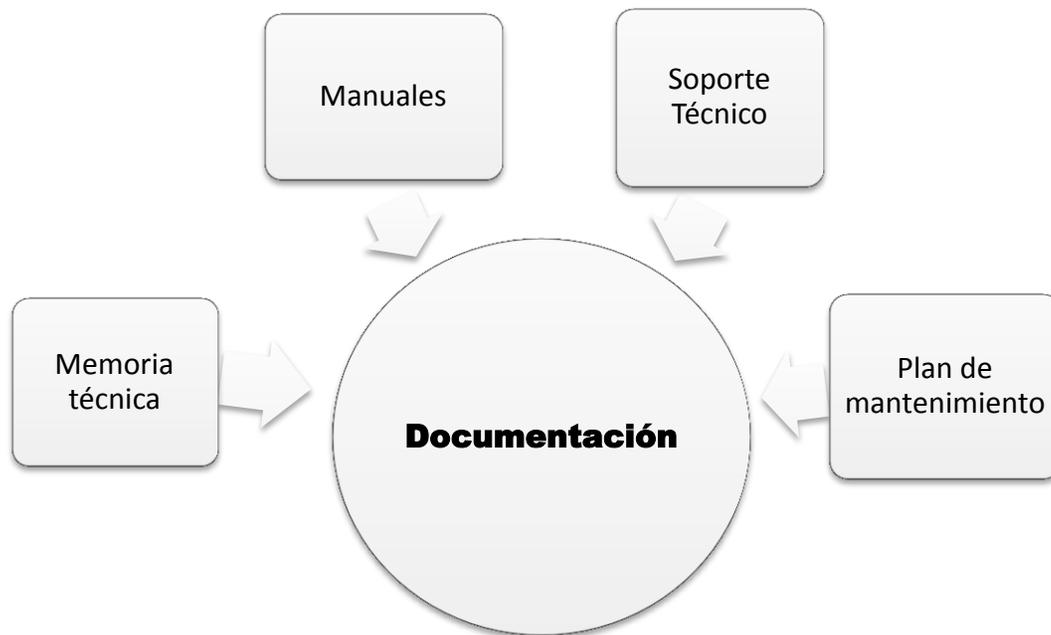


Diagrama 23. Estructura de la documentación de implantación de software minero

Memoria técnica: es la descripción de toda la información especializada, paso a paso, de cómo se realizará el proyecto, en él se encuentran todas las actividades pertenecientes a la estrategia de implantación. Sirve como guía para el desarrollo de futuros proyectos, análisis de fallas, etc.

Debe de contener la información necesaria para que sin necesidad de otros documentos se tenga una idea concreta de datos como el monto de la inversión,

las configuraciones, etc. Debe manifestar los acontecimientos en un orden lógico, tanto en la fase de planeación como en la fase de implantación.

Manuales: Los manuales contienen de forma explícita, toda la información necesaria para la realización de actividades específicas, permite al usuario conocer el funcionamiento del software, auxilia en la inducción y capacitación del personal, así como en el análisis y revisión del sistema para una mejora continua.

Soporte técnico: Este documento describe el procedimiento para la atención de requerimientos técnicos de los clientes del nuevo sistema, así como aspectos importantes que se deben tener en cuenta al momento de solicitar un servicio de soporte técnico, como su modalidad de servicio, el horario de atención y las prioridades para la atención de dichos requerimientos.

Plan de mantenimiento: es un conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar el mantenimiento de un sistema. El objetivo es determinar las condiciones de operación del sistema para disminuir los daños ocasionados por falta de limpieza y atención de fallas, con el fin de diagnosticar a tiempo el estado de los equipos y poder realizar un mantenimiento preventivo y de este modo calendarizar todas las acciones por prioridades en tiempo y forma.

IV.5. Transición del proyecto.

Una vez que ha concluido la implantación del nuevo sistema, se debe analizar su buen funcionamiento con el fin de saber si el usuario se siente satisfecho, si se deben realizar ajustes o no y el nivel de optimización de su trabajo. Esto se podrá realizar mediante encuestas a los usuarios y entrevistas, a modo de saber el impacto que ha tenido la nueva forma de trabajo.

La fase de transición es el siguiente paso que se debe realizar después de la implantación, en la cual se entrega el sistema a los usuarios. Para lograr que esto se cumpla, se tiene que realizar una verificación del sistema para saber si se cumplieron los objetivos previstos y si es necesario realizar correcciones.

Para llevar a cabo una verificación del sistema se deben cubrir cuatro pasos los cuales se muestran en el diagrama 24:



Diagrama 24. Pasos para llevar a cabo la verificación del sistema implantado

Análisis: Se lleva a cabo un análisis comparativo entre el balance de los recursos utilizados y los beneficios obtenidos en la implantación (costo/beneficio).

El análisis del sistema se puede realizar con base en indicadores que muestren la satisfacción de los usuarios y el rendimiento del sistema. A continuación se enumeran algunos indicadores que pueden utilizarse para medir el rendimiento del sistema:

1. Satisfacción de los usuarios.
2. Mayor exactitud en los datos obtenidos.
3. Mayor rapidez en el manejo de la información y en la elaboración de informes.
4. Mejora en el formato de presentación de la información.

5. Reducción del tiempo para seleccionar y analizar la información generada con el sistema.

Los valores de estos indicadores serán comparados con base en los datos referentes al antes y el después de la implantación del software.

Diagnóstico: Una vez hecho el análisis anterior, se realiza un diagnóstico del desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Se cumplieron los objetivos previstos.
- El proyecto se realizó en tiempo y forma.
- Los resultados fueron satisfactorios.

El objetivo del diagnóstico del proyecto es tener en cuenta si todos los objetivos se cumplieron, en el caso de que no fuera así, saber qué fue lo que no permitió que se logaran, y realizar las correcciones que sean pertinentes. En el caso de que se hubieran cumplido todos los objetivos, saber si los resultados fueron los esperados.

Corrección: Una vez ubicados los pormenores que se desarrollaron durante el proyecto, es importante evaluar si se pueden realizar correcciones dentro de este; En caso de que no sea posible, esta información puede servir para futuros proyectos y tener en cuenta cómo mitigar estos pormenores. Este paso es una realimentación del proyecto ya que el conocimiento que se ha adquirido servirá para futuros proyectos que se tengan que desarrollar dentro de la organización. De los resultados obtenidos se sabrá el nivel de éxito de la implantación del sistema. Una vez que se han obtenido los resultados de la implantación se realizará un informe de cierre del proyecto.

Informe: El paso final de la verificación es plasmar los resultados del proyecto y resumir todo lo acontecido que pueda ser de importancia para proyectos futuros de la organización; el informe contendrá la información de si el proyecto obtuvo o no los resultados esperados, en caso negativo, también incluirá un análisis de las razones de ello.

La entrega del proyecto terminado se debe de realizar de manera formal para dar certidumbre a ambas partes de que el proyecto ha finalizado y que los objetivos fueron alcanzados con éxito. Los documentos que se deben entregar son los siguientes:

- **Informe Económico.** Este documento será un resumen de gastos realizados durante todo el proyecto.
- **Informe de situación final.** Es la descripción general del ciclo de vida del proyecto, desde el inicio hasta el término. Este documento debe contener los siguientes datos:
 - o Datos básicos del proyecto (nombre, responsable, duración, presupuesto, etc.).
 - o Descripción general de los hechos más significativos del mismo (modificaciones, dificultades, medidas para resolverlas, relaciones con terceras partes, posibles acciones futuras).
 - o Cualquier otra información que sea del interés del usuario.
- **Documentación generada:** De modo que la experiencia obtenida en el proyecto no se pierda es importante generar y conservar la siguiente documentación.
 - o **Informes**
 - o **Manuales**
 - o **Procedimientos**
 - o **Descripción de los productos**
 - o **Constancias de capacitación**

De igual forma se realizará un acta de entrega de proyecto en la cual se especificarán todas las características del proyecto, los objetivos cumplidos, la fecha de inicio y fin del proyecto y los entregables que será toda la documentación antes mencionada, equipos, software y demás que formen parte del proyecto. Con la firma de aceptación de las partes convenidas, queda certificado que se han revisado los trabajos presentados y que se está conforme con ellos.

Un ejemplo de acta entrega de proyecto es el siguiente:

Acta de Entrega

Proyecto de implantación del software “minero”

EN LA CIUDAD DE _____, A LAS 10 HORAS DEL DÍA 29 DE FEBRERO DE 2013 SE REUNIERON EN LAS OFICINAS _____, EL REPRESENTANTE DE LA IMPLANTACIÓN _____ PARA HACER CONSTAR LA ENTREGA DEL PROYECTO “IMPLANTACIÓN DEL SOFTWARE MINERO”, Y QUIEN RECIBE MINERA XOCHIQETZAL, S.A. DE C.V., PREVIA CONSTATAción Y VERIFICACIÓN, DEJANDO CONSTANCIA DE CONFORMIDAD DE LA MISMA, PARA SU EFECTO FIRMAN LAS PARTES CORRESPONDIENTES AL PIE DE ESTA ACTA.

A CONTINUACIÓN SE DA COMIENZO A LA VERIFICACIÓN FÍSICA DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS, QUE SE DETALLAN:

NOMBRE DEL MATERIAL/EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CONDICIÓN

UNA VEZ VERIFICADA FÍSICAMENTE LA ENTREGA DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS POR LAS PARTES QUE INTERVIENEN, SE PROCEDERÁ A HACER ENTREGA DE LA DOCUMENTACIÓN ABAJO DESCRITA:

- Informe económico
- Memoria técnica
- Manuales de operación de software
- Manuales de procedimientos
- Constancias de capacitación
- Descripción del sistema implantado
- Contratos de licencias de software
- Contratos de servicio de soporte técnico y mantenimiento
- Relación de paquetes de cómputo adquiridos
- Software minero adquirido y paquetes de cómputo auxiliares.

Quien recibe certifica que la totalidad del proyecto reseñado en la presente acta ha sido entregado/terminado y que, habiendo sido sometido a las pruebas de validación y aceptación indicadas, está de acuerdo con las especificaciones formales y demás requisitos contractualmente convenidos y establecidos entre las partes.

RESPONSABLES

Nombre y firma

ENTREGA

Nombre y firma

RECIBE

IV.6. Control

Una vez implantado el sistema y transferido a los usuarios finales, se pensaría que el sistema permanecerá funcionando correctamente durante mucho tiempo, todo esto depende de los objetivos de la implantación.

Los resultados que se esperan con la implantación del software minero se podrían resumir en dos:

- El primero se apreciaría de inmediato con la agilización dentro de los procesos, la reducción de los procedimientos manuales, la disminución de costos y la optimización de los datos.
- El segundo, de mayor importancia, se observaría a largo plazo y consiste en una mejor organización dentro de la empresa y por lo tanto, lograr una mayor competitividad y realizar nuevas inversiones con miras hacia la expansión.

Para que el proyecto cumpla con los resultados esperados y dirigir el desarrollo tecnológico dentro de la organización, es importante saber que este proyecto se transformará y mejorará con el paso del tiempo a medida que cambien las necesidades, las personas y las tecnologías. Esto será llamado **“evolución del software minero”**.

La evolución efectiva del software dependerá de diversos factores, podría optarse por cambiar la tecnología o cambiar los procedimientos, o bien por ampliar el sistema a otras áreas.

Para poder llevar a cabo lo anterior, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- **La capacitación debe ser una actividad continua.** La tecnología está en constante evolución; la capacitación continua contribuye a mantener al personal satisfecho y a disipar sus temores de ser sustituidos. Las empresas que aprenden a hacer frente a los cambios y se enfrentan a ellos suelen

tener éxito en mercados competitivos; sin embargo, aquéllas que se niegan a cambiar suelen fracasar. Por consiguiente, el plan de capacitación, debe definir objetivos a corto y mediano plazo, para el final del proyecto y para el período posterior al proyecto.

- **Actualización del *hardware*.** La vida útil de una computadora oscila entre 24 y 48 meses. La tecnología informática avanza con tal rapidez que se recomienda actualizar (mejorar) los equipos al menos una vez al año. A medida que el proyecto evoluciona, se pueden adquirir computadoras nuevas y más rápidas para las personas que realizarán las tareas que requieren un uso intensivo de los equipos, como la elaboración de informes y gráficos, y destinar los equipos que se cambien a tareas en las que se requiera menor capacidad.
- **Actualización del *software*.** También los programas deben modificarse con el tiempo. Un software contiene herramientas que lo complementan para obtener un mayor rendimiento de este. Es importante lograr trasladar esta tecnología a otras áreas para lograr una mayor competitividad.
- **Acceso a Internet.** No es posible mantener un software actualizado si no se dispone de un acceso a Internet fiable. Todas las actualizaciones del *software*, los controladores de *hardware* y el *firmware* (*software* grabado en el *hardware* por el propio fabricante) se reciben a través de Internet. Con el tiempo, el sistema sufrirá graves problemas si no dispone de un acceso seguro y confiable a Internet.
- **Sostenibilidad.** Deberá asegurarse que se dispone de personas capacitadas y fondos suficientes para garantizar la **persistencia del proyecto en el tiempo**. Necesitará contar con los fondos necesarios para pagar al personal y hacer frente a los gastos de *software*, electricidad, y reparaciones y actualizaciones de los equipos. Se debe intentar prever, en la medida de lo posible, qué recursos humanos y financieros necesitará para el funcionamiento ininterrumpido del proyecto informático. Dado que los fondos

de la organización pueden fluctuar anualmente en función de la rentabilidad, es recomendable que se tomen las precauciones necesarias para crear un fondo que permita mantener y sustituir los equipos.

De igual forma, se debe tomar en cuenta que cualquier sistema informático³¹ necesita de un mantenimiento mínimo. Esto con la finalidad de conseguir que los equipos sean funcionales el mayor tiempo posible y que durante ese tiempo, trabajen sin fallos. También se tiene que tener claro que el mantenimiento de los equipos es tan importante como el mantenimiento del software y los datos que contiene.

Las razones por las que es conveniente realizar un correcto mantenimiento de todo el sistema son las siguientes:

- El costo del sistema a mediano y largo plazo será menor, ya que es más económico mantener un equipo para evitar averías que reemplazarlo por estar dañado.
- Un fallo en el sistema puede ocasionar una pérdida de información que podría tener costos incalculables.
- Problemas de seguridad del sistema pueden generar que los datos que son confiables dentro de la organización se hagan públicos.
- Problemas en determinados equipos que retrasen los procesos, de modo que se vea afectada la productividad.

Es importante recordar que el mantenimiento tiene un costo, ya que después de haber sido entregado el sistema, existe un período de garantía durante el cual el proveedor es responsable del mantenimiento. Por lo regular este período es de 90

³¹ Un **Sistema Informático (SI)** es un conjunto de partes (Hardware, Software, Usuarios, Manuales) que funcionan relacionándose entre sí para conseguir un objetivo preciso.

días, después de los cuales la empresa proveedora del software presenta un contrato de mantenimiento.

Al manifestar dicho contrato es importante analizar tanto los términos como el costo que representará. Se tiene que fijar el tipo de servicio (telefónico, en las instalaciones del cliente, en línea, etc.), tiempo que cubre, horarios, así como el tiempo de respuesta que puede llegar a ser dentro de las 24 ó 48 horas de realizada la petición o el mismo día (respuesta inmediata).

Asimismo, se fija el alcance del tipo de modificaciones o correcciones que se incluyen dentro del mantenimiento. Este tipo de mantenimiento se refiere a la mejora del sistema a partir de las peticiones de los usuarios, puede deberse a un problema detectado o a la búsqueda de más herramientas que complementen el mismo.

Así pues, el mantenimiento se podrá enfocar en los tres sectores mostrados en el diagrama 25.



Diagrama 25. Los tres sectores del mantenimiento del sistema

- **Hardware**

En este sector se enfocará el mantenimiento en conservar el buen estado de los equipos y periféricos del sistema.

Las tareas a realizar dentro de este sector son: la limpieza de los componentes, comprobar que los equipos funcionan en los límites previstos (voltaje, temperatura, etc.) y el replazo o la reparación de los componentes desgastados o que tengan un mal funcionamiento.

- **Software**

En este sector el mantenimiento se centrará en el software y los datos alojados en el sistema, con el fin de evitar pérdida de datos y un comportamiento anómalo del mismo. Las principales causas de lo antes mencionado se deben a virus informáticos, la inestabilidad del sistema operativo y los fallos del hardware.

Las tareas más comunes para mantener el sistema protegido son: limpieza de archivos y programas, mantenimiento de la base de datos, optimización del sistema operativo de los equipos (limpieza del registro, desfragmentación del disco, etc.) y revisión de la seguridad de los equipos (actualización de antivirus, escaneo de discos, etc.).

- **Documentación**

Es importante tener en mente que durante la implantación se realizó una etapa de documentación, la cual debe estar actualizada cada vez que exista algún cambio en el sistema, tanto en el sector del hardware, software y usuario.

Dentro de esta documentación se debe incluir un registro en el cual se muestre el mantenimiento que se le dará a cada componente del sistema.

Las tareas a realizar en el mantenimiento de la documentación son: el registro de las tareas de mantenimiento, la actualización de manuales de usuario tras la instalación de nuevo hardware o nuevos módulos del software, la revisión y renovación de los lineamientos que se hayan fijado para el uso del sistema (reglamento interno).

La persona responsable del mantenimiento debe tener en cuenta que todos los sectores son interdependientes y en caso de omisión de alguno de estos influirá negativamente en los otros. De esta forma, será importante realizar las tareas de mantenimiento en la medida que sea necesario para cada uno de los mismos.

Todas las tareas anteriores forman parte de los 3 tipos de mantenimiento que se realizarán al sistema, los cuales muestran en el diagrama 26:

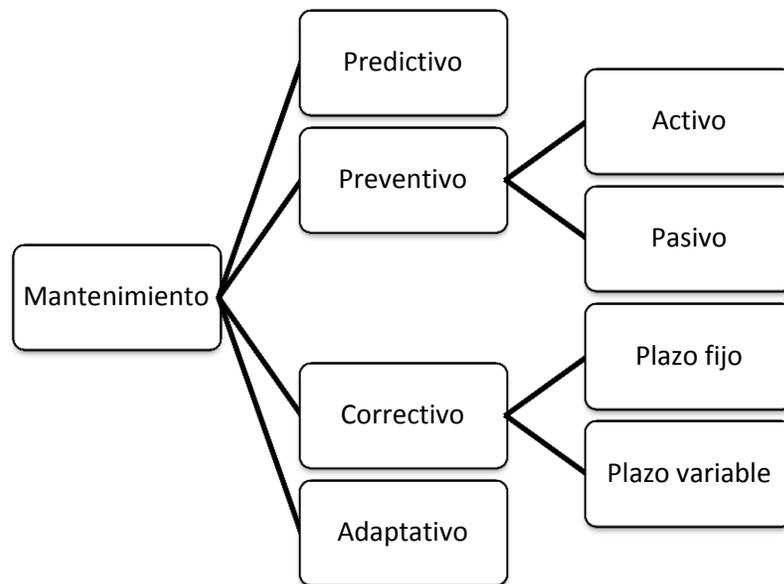


Diagrama 26. Tipos de mantenimiento del sistema del software minero

Mantenimiento predictivo: El objetivo es pronosticar en qué momento un componente del sistema va a fallar, de modo que se pueda tomar la decisión de reemplazarlo o repararlo antes de que falle.

Mantenimiento preventivo: Este consiste en aplicar una serie de medidas y procedimientos al sistema para disminuir el riesgo de fallo y asegurar su buen funcionamiento durante el mayor tiempo posible, logrando alargar su vida útil.

Existen dos técnicas de mantenimiento preventivo:

- **Activo:** Limpieza periódica de los componentes del sistema.
- **Pasivo:** Evitar que el equipo esté expuesto a condiciones ambientales que puedan perjudicarlo, y en caso contrario protegerlo.

Mantenimiento correctivo: Consiste en la reparación o el remplazo del componente del sistema que esté ocasionando fallos.

Para poder aplicar el mantenimiento correctivo se debe evaluar cuál de las siguientes dos formas de corrección se pueden realizar:

- **A plazo fijo:** con base en los resultados que se han obtenido del mantenimiento predictivo y las recomendaciones del fabricante, se le fija un periodo de vida útil a todos los componentes y se remplazan cuando alcanzan el tiempo estipulado, aunque no hayan presentado fallos.
- **A plazo variable:** con base en los resultados de los mantenimientos predictivos y preventivos se elige remplazar, o reparar o no algún componente en específico. De este modo esto permite alargar la vida útil del componente, pero se corre el riesgo de que el sistema falle y pueda ocasionar averías mayores.

Mantenimiento adaptativo: se presenta cuando el objetivo es adaptar el sistema a nuevos requerimientos debido al dominio del mismo y a la evolución de la organización, llegando a aumentar la complejidad del mismo

Del grado de importancia que se le otorgue al mantenimiento del sistema éste se verá reflejado en la evolución del mismo, ya que de lo contrario puede generar un abandono por parte de los usuarios al presentar fallas y generar problemas dentro de los procesos, ocasionando que se opte por regresar al sistema antiguo.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la tecnología a lo largo de la historia, ha impulsado el desarrollo de la minería. Sin esta, no se tendría una evolución en los métodos de explotación minera. El desarrollo tecnológico de un país impulsa su economía y su crecimiento a nivel internacional.

Un software minero es una herramienta para tener una mayor productividad en menor tiempo y a un menor costo, de este modo se busca la eficiencia del proceso al que va orientado, se debe tener en cuenta que el usuario es una parte fundamental, ya que el software sólo mostrará los resultados con base en los datos que se le han proporcionado.

El entorno está en constante cambio, ante este panorama cambiante las empresas deben modificar su forma de trabajo, buscar alternativas que les permitan poner a su favor esos cambios y lograr un mejor desarrollo a nivel nacional.

La implantación del software, se rige por su costo/beneficio, de esta forma, los beneficios que se pueden obtener con respecto a dicha implantación no sólo van enfocados al proceso en sí, tienden a dirigirse a todos los niveles de la organización, buscando una mejora en la cultura laboral de la empresa, una mayor capacitación del personal, un mayor beneficio económico para ambos, y un crecimiento de toda la estructura organizacional de la empresa.

Una persona u organización que se informa y pone en práctica el conocimiento que adquiere en su entorno, es capaz de desarrollar nuevas formas de realizar su trabajo. Si logra generar cambios y mejorar las actividades que realiza, todo cambiará a su alrededor, tendiendo de este modo a la evolución.

Cabe destacar que la implantación se adecuará a las necesidades de la empresa a la que se aplicará, esto es, no será necesario comprar todos los módulos del software, se podrá iniciar la implantación con el módulo básico de geología y el desarrollo de los demás módulos dependerá del nivel de dominio que se vaya

adquiriendo y de las necesidades que se vayan presentando dentro de la unidad operativa

La implantación de tecnología en un proceso, permite mejorarlo, a tal punto que la realización de éste va teniendo modificaciones dentro de sus procedimientos hasta llegar al desarrollo de nuevas formas de realizar el trabajo. La minería no está exenta de esto, ya que conforme va avanzando la tecnología se van desarrollando nuevos métodos para extraer minerales, gracias a la inserción de distintas herramientas que permiten visualizar la extracción desde otro panorama.

REFERENCIAS

- Adell, J. (Noviembre de 1997). Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*.(7).
- Aguilar Cruz, C. (mayo-agosto de 2000). *La necesidad de la planeación estratégica en las organizaciones industriales modernas*. Recuperado en Octubre de 2011, de UTM: <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/e1117.pdf>
- Alonso, J. A. (2005). *Tecnologías de la información y de la comunicación*. México: Alfaomega.
- BBC. (2012). *Historic figures. Charles Babbage*. Recuperado en noviembre de 2011, de BBC: http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/babbage_charles.shtml
- Caballero Cervantes, O. H. (10 de Junio de 2006). *Tecnologías de la información y herramientas para la administración de proyectos de software*. Recuperado en mayo de 2011, de Revista Digital Universitaria: http://www.revista.unam.mx/vol.7/num6/art47/jun_art47.pdf
- CAE Mining. (s.f.). Recuperado en Julio de 2011, de CAE Mining: <http://www.cae.com/en/mining/products.asp>
- Calder, P. N., & Echegoyen, G. (1984). *Aplicación de computadoras al diseño de minas de tajo abierto*. Recuperado en Abril de 2012, de Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.: http://mapserver.sgm.gob.mx/aimmgm_arc/STGE12784002.PDF
- Cronin, G. (s.f.). *croninsolutions*. Recuperado en noviembre de 2011, de The works of John Napier: <http://www.croninsolutions.com/writing/JohnNapier.pdf>
- de Saint Pierre, D., Santibañez , E., Nuñez, S., & Lefranc, E. (Abril de 2005). *Identificación de oportunidades de negocio globales en base a tecnologías de información y comunicaciones para el cluster minero y relacionados*. Recuperado en Junio de 2011, de CONICYT: http://observatorio.conicyt.cl/observatorio/estudio/cluster_minero/impacto_programa_insercion.pdf
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (1973). *La minería en pequeña escala en los países en desarrollo*. Naciones Unidas.
- Drudis, A. (1999). *Gestión de proyectos. Como planificarlos, organizarlos y dirigirlos* (2da ed.). Barcelona: Gestión 2000.
- Escuela Interamericana de Administración Pública. (1981). *Proyectos de desarrollo. Planificación, implementación y control*. México: Limusa.

- Gemcom. (s.f.). *Mining Software and Services*. Recuperado el marzo de 2012, de Gemcom:
<http://www.gemcomsoftware.com/>
- Gido, J., & Clements, J. P. (1999). *Administración exitosa de proyectos*. México: Internacional Thompson Editores.
- Haynes, M. E. (1993). *Administración de proyectos. Desde la idea hasta la implementación*. Grupo Editorial Iberoamerica.
- Jaramillo Sierra, L. J. (1999). *Ciencia, tecnología, sociedad y desarrollo*. Recuperado el Enero de 2012, de Unillanos:
http://acreditacion.unillanos.edu.co/contenidos/dis_ambientes_metodos_pedagogicos/Memoria4/ciencia_tecnologia_sociedad_desarrollo.PDF
- Laudon, & Laudon. (13 de marzo de 2006). *Sistemas de Información Gerencial*. Recuperado el marzo de 2012, de El libro libre: <http://ellibrolibre.com.ar/descargas/laudon.pdf>
- Maptek. (s.f.). *Maptek*. Recuperado el Enero de 2012, de <http://www.maptek.com/>
- Minesight. (s.f.). *Software Solutions from Mintec*. Recuperado el Febrero de 2012, de Minesight:
<http://www.minesight.com/>
- Mochi Alemán, P. Ó. (2006). *La industria del software en México en el contexto internacional y latinoamericano*. Cuernavaca: UNAM.
- Moguillansky, G. (Octubre de 2005). *La importancia de la tecnología de la información y la comunicación para las industrias de recursos naturales*. Recuperado el Junio de 2011, de CEPAL: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/23149/lc164.pdf>
- Murcia, J. D. (2009). *Proyectos. Formulación y criterios de evaluación*. México: Alfaomega.
- Project Management Institute. (2008). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (4ta ed.). Pennsylvania: PMI.
- Ramírez Figueroa, G. (2008). *Propuesta de un modelo estratégico de mejora continua en las organizaciones en México*. México: Dirección de Posgrado e Investigación. Universidad La Salle.
- Raya Cabrera, J. L. (2005). *Tecnologías de la información y de la comunicación*. México: Alfaomega.
- Real Academia Española. (2012). *RAE*. Recuperado el Febrero de 2012, de <http://www.rae.es/rae.html>
- Roberts, M. A., & Houlding, S. W. (1987). *Using 3D solids computer technology to rationalize underground mine desing*. Recuperado el Septiembre de 2011, de Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.:
http://mapserver.sgm.gob.mx/aimmgm_arc/STMC01787025.PDF

- Senn, J. A. (s.f.). *TRIPOD*. Recuperado el Junio de 2012, de Análisis y diseño de sistemas de información: http://une-senn.tripod.com/new_page_3.htm
- Sosa Loera, A., Torres Tafoya, E., Macias Cerda, F., & Cerna Cerna, R. (Octubre de 1997). *Implementación de un sistema computarizado en el cálculo de reservas y diseño subterráneo en la unidad San Martín*. Recuperado el Mayo de 2012, de Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.: http://mapserver.sgm.gob.mx/aimmgm_arc/STMC02297050.PDF
- Stanley, A. (1970). *Geología de minas*. Barcelona: Omega.
- Steiner, G. (2010). *Planeación estratégica. Lo que todo director debe saber*. México: Patria.
- Tamayo y Tamayo, M. (1994). *El proceso de la investigación científica* (3era ed.). México: Limusa/Noriega.
- Terrones Langone, A. J. (Febrero de 1955). *Métodos modernos de exploración minera*. Recuperado el Agosto de 2011, de Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana: <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca02/1955-182terrones.pdf>
- Terry, G., & Franklin, S. (1990). *Principios de administración*. México: CECSA.
- Thompson, A., & Strickland, A. (2004). *Administración estratégica. Textos y casos*. México: McGraw-Hill.