

# MEJORES PRÁCTICAS EN EL PLANEAMIENTO A CORTO PLAZO DE MINAS SUBTERRÁNEAS

SCOTT O'CONNOR,  
Consultor Senior de Minería, Deswik USA

**EL RETO**

El planeamiento a corto plazo en una mina subterránea es un proceso repetitivo y de ritmo rápido. Los planeadores están repetidamente bajo presión de entregar planes que alcancen las restricciones operacionales inmediatas mientras éstos se adhieren a los objetivos del negocio. Es difícil encontrar el nivel apropiado de detalle a modelar. Los planes a menudo son o muy detallados, difíciles de entender y mantener, o son demasiados simples, resultando discordantes con la realidad operativa. Típicamente, los planes a corto plazo dependen en gran medida en procesos manuales, haciéndolos reactivos y con un constante foco en “apagar el fuego”.

Las implementaciones de software de planeamiento de minas a menudo conducen a soluciones de planeamiento a largo plazo, dejando la implementación de corto plazo para después. El plan de corto plazo hereda todas las características del modelo de largo plazo o, incluso peor, sigue siendo un ejercicio en una hoja de cálculo independiente. Cuando las prioridades del largo plazo no están adheridas en el corto plazo, cualquier posibilidad de obtener el resultado óptimo global es excluido. Incluso en situaciones donde se emplea el mismo software de planeamiento de minas, tanto para el plan a largo plazo como para el corto plazo, puede existir una inconsistencia cuando se integran ambos horizontes de planeamiento. Esto a menudo toma la forma de archivos de gran tamaño, retrabajos, dado que los planes son transferidos entre los horizontes de planeamiento; y duplicidad de esfuerzos.

**ANTECEDENTES**

Antes de establecer un conjunto de mejores practicas para el planeamiento a corto plazo, se deben definir los límites del proyecto y las interacciones entre los horizontes de planeamiento. Esto guía el nivel apropiado de detalle en cada modelo de horizonte de planeamiento y ayuda a decidir sobre el software más adecuado para ese propósito. ¿Qué es exactamente el horizonte de planeamiento a corto plazo? Deswik se encuentra con minas que clasifican todo lo que se haga dentro de un horizonte de tiempo de dos años como corto plazo y otras minas que lo consideran planes de guardia detallados dentro de un periodo de una semana o menos. Mientras que la definición varía de mina a mina, este reporte técnico se enfoca en el horizonte de planeamiento a corto plazo que está dentro de un rango típico de duración de dos semanas a tres meses. Deswik encuentra frecuentemente horizontes de planeamiento divididos como se muestra en la Figura 1.

Horizonte de Planeamiento	Guardia/ Operativo	Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo	Estratégico
Duración	De 1 día a 2 semanas	De 2 semanas a 3 meses	De 3 meses a 18 meses	De 18 meses a 5 años	De 5 años a vida de la mina
Periodo de Reporte	De horas a guardias	De días a semanas	Meses	De meses a años	Años
Frecuencia de reelaboración	Dentro de la guarda o diariamente	Semanalmente	Mensualmente	Semestralmente a anualmente	Anualmente
Herramienta de Planeamiento	Deswik.OPS	Deswik.Sched	Deswik.Sched	Deswik.Sched	Deswik.GO

Figura 1 - Definición de los Horizontes de Planeamiento

Independientemente de la interpretación de los horizontes de planeamiento, ellos están vinculados entre sí.

Los planes se originan como forecast estratégicos menos detallados, generalmente realizados a través de la optimización utilizando asunciones de alto nivel, que luego se cristalizan con el tiempo, convirtiéndose en planes operativos más detallados. Las operaciones deben buscar mejorar la integración y comunicación entre los horizontes de planeamiento por las siguientes razones:

- » Incrementar el valor de los activos. Si cada horizonte de planeamiento opera como un silo separado, solo se pueden determinar soluciones optimas locales.
- » Mejorar el cumplimiento. Las prioridades de los planes a largo plazo deberían de ser comunicadas fácilmente a los planes de corto plazo, asegurando la coherencia.
- » Mejorar la retroalimentación. Las variaciones en los planes tácticos deben de ser fácilmente puestas en los planes a largo plazo de tal forma que puedan hacerse ajustes a las asunciones.
- » Incrementar la eficiencia de planeamiento. Minimizar cualquier doble esfuerzo de las tareas de secuenciamiento que se superpongan con los límites del horizonte de planificación.

Es importante hacer una distinción entre los planes operacionales basado en guardias y los planes a corto plazo. El primero es comúnmente conocido como “Short Interval Control (SIC)” (control de intervalos cortos) y es mejor resumirlo como el ciclo de mejora continua “plan, do, check, act (PDCA)” (Planear, hacer, revisar, actuar). Un plan de corto plazo sirve como ingreso para SIC, el cual luego es dividido en intervalos más finos de detalle en planes de guardia u operativos de tal forma que puedan ser ejecutados y controlados en un detalle horario. Deswik tiene Deswik.OPS como una solución de software en este campo, la cuál es una herramienta colaborativa de planificación de guardias que importa los planes generados en el corto plazo dentro de Deswik, y luego los desglosa a un nivel de detalle operativo.

SIC está fuera del alcance de este reporte técnico. El foco de este reporte es el planeamiento a corto plazo, que generalmente es un plan renovable de dos semanas a tres meses. Los periodos de los reportes de los planes a corto plazo se dividen a lo sumo en días si uno solo mira la primera semana o las dos primeras, y pasa a períodos de reporte menos detallados de forma semanal o mensual durante un período de tres meses. El conjunto de herramientas de software de Deswik para este horizonte de planificación incluye Deswik.CAD, Deswik.Sched y Deswik.IS.

**SOLUCIÓN**

**Integración de los horizontes de planeamiento**

Por las razones dadas anteriormente (valor, cumplimiento, retroalimentación y eficiencia) puede ser beneficioso integrar los horizontes de planeamiento.

La mejor forma de integrar los horizontes de planeamiento depende del tamaño del equipo y la estructura organizacional en la mina. Los yacimientos más pequeños, en los cuales un solo planeador de minas maneja todos los horizontes de planeamiento, puede exitosamente usar un solo modelo de plan que adecuadamente constituya todos los horizontes de planeamiento. Deswik.IS provee métodos para crear cortes de tarea variables y ciclos de tareas derivadas. Las tareas en el horizonte del planeamiento a corto plazo pueden ser recreadas con el nivel de detalle más fino necesario, mientras se conservan las dependencias y prioridades configuradas en los planes de largo plazo.

En operaciones más grandes, donde hay más de un planeador, hay responsables para cada horizonte diferente de planeamiento o zona, una consecuencia inevitable es que tengan archivos separados dado que es necesario para permitir que la planificación se haga paralelamente. En estos casos, Deswik provee una solución de unión de proyectos "Project merge" que integra los horizontes de planeamiento.

"Project merge" es un mecanismo construido en Deswik que permite que las actualizaciones de los planes de más corto plazo se unan a los planes de largo plazo (incluyendo el porcentaje completado de la tarea) y que las tareas de planes a más largo plazo sean escritas en los planes de más corto plazo. Los horizontes de planeamiento múltiples pueden anidarse (Figura 2), lo que permite flexibilidad para la estructura del horizonte de planificación de la mina.

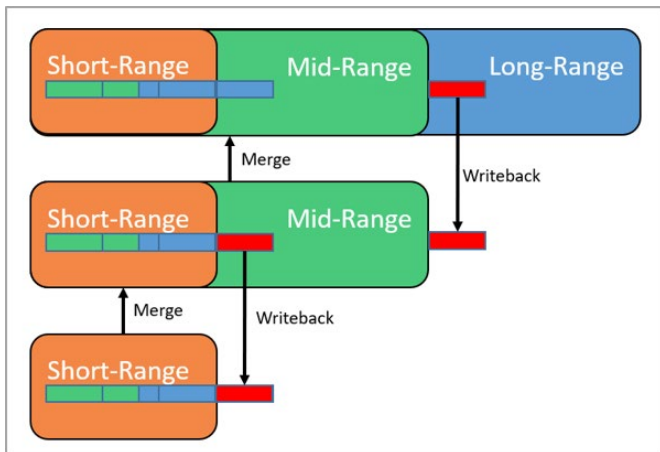


Figura 2 - Horizontes de Planeamiento Anidados

Los beneficios de unir planes es que éste permita unir los planes de los distintos horizontes de planeamiento, mientras que conserva los distintos archivos adecuados para cada propósito. El plan a corto plazo puede ser pequeño y ágil, con las tareas necesarias en el periodo a corto plazo, y es lo que la mayoría de los planificadores prefiere.

**Nivel de detalle apropiado**

El nivel de detalle del modelo del plan debería de ser cuidadosamente considerado y relacionado de acuerdo con el

horizonte de planeamiento. Este incluye configuraciones tales como longitud de división de tareas, ciclos de tareas derivadas, rendimientos asumidos, recursos asignados, y restricciones de nivelación. Por ejemplo, el plan de vida de la mina (LOMP) debería de ser modelado de forma más gruesa que el plan de corto plazo. Es excesivo secuenciar y nivelar días individuales para un LOMP que es reportado por años dado que las variaciones diarias dentro del año serán bastante grandes. La recomendación general es que la granularidad del modelo coincida con los periodos del reporte, lo que significa que las tareas, las tasas y las restricciones deban dimensionarse adecuadamente para pronosticar el periodo.

Deswik contiene mecanismos para permitir esa granularidad y pasar de grueso a fino a lo largo del tiempo para que las tareas migren desde el plan a largo plazo al plan a corto plazo. La figura 3 muestra esta transición. Las recientes mejoras de Deswik.IS permiten recrear tareas en el plan de corto plazo con longitudes de segmento mas pequeñas, tareas derivadas adicionales, y tasas asumidas más rápidas, todo mientras se conservan las dependencias generadas en el plan de largo plazo.

En lugar de definir la división de tareas basada en un enfoque "one size fits all" (talla única), los planeadores ahora son libres de decidir el tamaño de la división de las tareas de acuerdo con los primeros principios, tales como dependencias, clasificaciones de tipo de material (mineral/desmonte), movimiento de recursos deseado o porciones separadas, ciclos de actividades y precisión del reporte. Además, la longitud del periodo de nivelación es variable en el tiempo. Estas opciones, típicamente conocidas como objetivos ("targets") o límites de cantidad ("quantity limits"), permiten más detalles a corto plazo, sin cargar el plan a largo plazo con el mismo nivel de detalle.

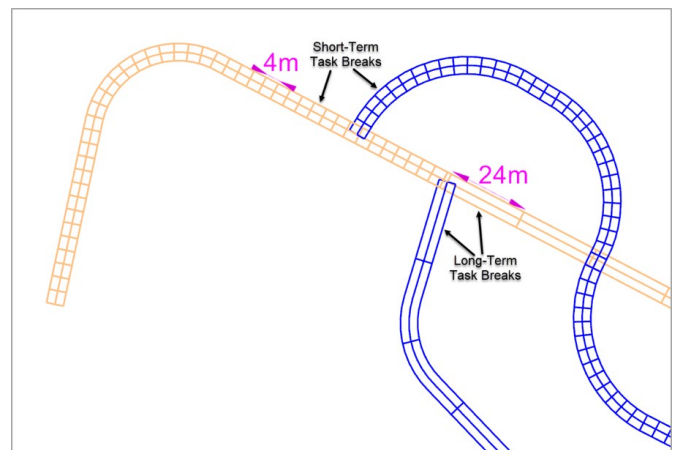


Figura 3 - División Variable de las Tareas de acuerdo al Horizonte de Planeamiento

**Actualización de planes**

La base de los planes exige el agotamiento o eliminación de las tareas que se han completado desde que se emitió el plan. Debido a la frecuencia de emisión de planes a corto plazo, se puede dedicar un esfuerzo considerable a mantener los datos reales en el modelo del plan.

La actualización manual de los valores del porcentaje completado en un plan debería ser el último recurso, ya que consume mucho tiempo y es propenso a errores. Métodos más eficientes están disponibles en Deswik.

Para complicar las cosas, a menudo hay un retraso en la entrega de la información necesaria para actualizar los planes, tales como sólidos de la topografía minada. Dependiendo de los flujos de trabajo en la mina, es posible evitar el retraso mediante el uso de marcadores de frente actualizados a diario que generalmente proporciona el departamento de geología.

Deswik.IS puede hacer referencia los marcadores de geología en el frente para calcular el avance lateral y automáticamente colocarlo en el plan para actualizar las tareas.

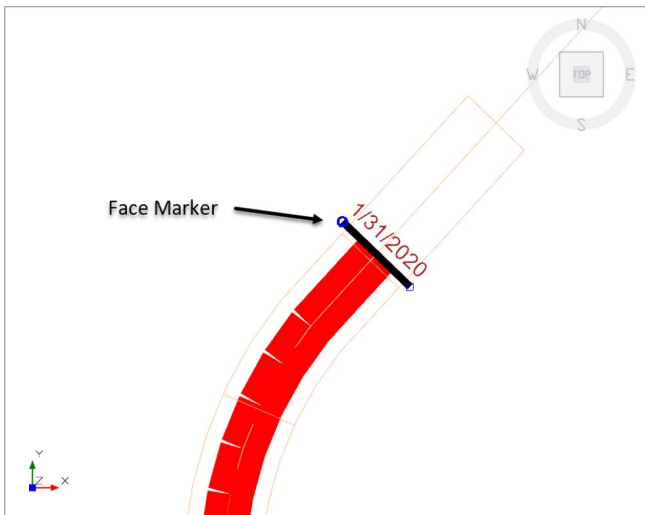


Figura 4 - Actualización del avance real a través del uso de marcadores disponibles en el frente de trabajo.

Una práctica más eficiente para actualizar los planes es conectarse a una base de datos de producción. Haciendo esto se omiten los requerimientos gráficos y se actualiza directamente el porcentaje completado de las tareas. Para configurar este proceso los siguientes pre-requisitos deben de ser cumplidos:

- » Una convención de nombre de ubicación "primary key" consistente compartida entre los departamentos de planeamiento, topografía y operaciones.
- » Mediciones topográficas del avance lateral registradas en una base de datos o hoja de cálculo con una base en común (mediciones iniciales) para los frentes en Deswik y la base de topografías.
- » Datos reales del incremento en la producción registrados en una base de datos u hoja de cálculos, incluyendo tonelajes producidos por panel por día.

Si los criterios anteriores son cumplidos, Deswik.Sched ofrece herramientas poderosas para automatizar el proceso de actualizar los datos reales (porcentaje completado de las tareas). Una sola importación puede actualizar los frentes del avance lateral, los datos reales del incremento de la producción,

así como las tareas derivadas de los paneles, tales como la perforación y el relleno.

El uso apropiado de esta herramienta no solo permite mas tiempo para generar y analizar escenarios, también asegura que los circuitos de retroalimentación estén en su lugar y funcionen entre planeamiento, topografía y operaciones.

### Generación de Reportes

El producto de los planes de minado son los reportes. Es importante coordinar y automatizar el proceso de reporte en el horizonte de planeamiento a corto plazo debido a la alta frecuencia con la que estos planes son emitidos.

Deswik comúnmente encuentra procesos de reporte existentes de la siguiente forma:

1. Copiar la hoja de calculo de reporte a una ubicación en la red y renombrarla de acuerdo con la fecha del forecast.
2. Aplicar filtros manualmente en el modelo del plan.
3. Copiar el reporte o reporte de tarea desde el plan.
4. Pegarla en la pestaña de la hoja de cálculo seleccionada.
5. Repetir los pasos dos o cuatro veces para la actualización de las múltiples pestañas en la hoja de cálculo.
6. Validar e imprimir los reportes tabulados (tablas pivot).

El proceso anterior es engorroso y potencialmente propenso a errores debido a las manipulaciones manuales de los datos. Trabajar en hojas de cálculo aisladas no mantiene un repositorio de forecasts históricos centralizado.

La década pasada ha traído avances tremendos en las capacidades de reporte y análisis de datos. Ahora existe un software de inteligencia de negocios para recuperar, transformar y resumir información. Las herramientas de inteligencia de negocios ofrecen las siguientes ventajas sobre las hojas de cálculo que reemplazan:

- » Automatización. La información puede ser formateada y transformada siguiendo pasos aplicados automáticamente.
- » Modelo de datos uniforme. Se pueden cargar múltiples forecasts y datos reales en un modelo de información relacional. Esto permite que los pronósticos se comparen entre sí (pronóstico versus presupuesto), así como reportar el cumplimiento (plan versus real).
- » Capacidades de gráficos avanzada. La información cargada dentro del modelo puede ser resumida dentro de grupos útiles y graficase. Por ejemplo, las barras superpuestas "Plan" y "Actual Gantt" agrupadas por encabezado pueden mostrar el cumplimiento.

Deswik.Sched permite que las plantillas de reportes de tareas se configuren previamente de tal forma que la información de los forecast pueda ser fácilmente exportada en formatos estandarizados a los que el software BI puede acceder para tabular y reportar.

## CONCLUSIÓN

El planeamiento a corto plazo es un proceso repetitivo y desafiante. Cada esfuerzo debería de estar hecho para coordinar y automatizar el proceso. Los planes de corto plazo son el vínculo entre los planes operativos y los planes de largo plazo óptimos. Los horizontes de planeamiento deberían estar integrados para asegurar prioridades consistentes y una oportunidad mayor de cumplimiento. Deswik provee software de planeamiento de minas que dirección los siguientes desafíos:

- » Horizontes de planeamiento integrados.
- » Modelamiento a un nivel de detalle apropiado.
- » Actualizaciones automáticas basada en datos reales.
- » Integración con reportes avanzados de inteligencia de negocios (BI).

Póngase en contacto con la oficina local de Deswik para obtener mayor información acerca del planeamiento a corto plazo o para asistencia en la implementación de cualquiera de los principios discutidos en este reporte técnico.

## REFERENCIAS

- Åstrand, M. (2018). 'Short-term Underground Mine Scheduling: Constraint Programming in an Industrial Application', Licentiate thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, p. 71.
- Global Mining Guidelines Group (GMG). (2019). *Guideline for Implementing Short Interval Control in Underground Mining Operations*. [pdf] Short Interval Control Sub-Committee of the Underground Mining Working Group, Canada, p. 2. Available at: [https://gmgroup.org/wp-content/uploads/2019/06/20181015\\_SIC-GMG-UM-v01-r01.pdf](https://gmgroup.org/wp-content/uploads/2019/06/20181015_SIC-GMG-UM-v01-r01.pdf) [Accessed 10 March 2020].
- Microsoft Support. (2020). *Power Pivot – Overview and Learning*. [online] Microsoft. Available at: <https://support.office.com/en-us/article/power-pivot-overview-and-learning-f9001958-7901-4caa-ad80-028a6d2432ed> [Accessed 10 March 2020].
- Nehring, M. et al. (2010). *An Investigation to Integrate Optimum Long-Term Planning with Short Planning in Underground Mine Production Scheduling*. [pdf] Mine Planning and Equipment Selection (MPES) Conference, Fremantle, Western Australia, 1-3 December 2010, p. 1. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/50854419\\_An\\_investigation\\_to\\_integrate\\_optimum\\_long-term\\_planning\\_with\\_short\\_planning\\_in\\_underground\\_mine\\_production\\_scheduling](https://www.researchgate.net/publication/50854419_An_investigation_to_integrate_optimum_long-term_planning_with_short_planning_in_underground_mine_production_scheduling) [Accessed 10 March 2020].

