

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y  
METALURGICA**



**PLANEAMIENTO DE MINADO A  
LARGO PLAZO EN LA COMPAÑÍA  
MINERA YANACOCHA S.R.L.**

**INFORME DE INGENIERÍA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE :  
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR :  
MANUEL HECTOR JESSEN HURTADO**

**LIMA – PERU**

**2003**

**PLANEAMIENTO DE  
MINADO A LARGO PLAZO  
EN LA COMPAÑÍA  
MINERA YANACOCHA  
S.R.L.**

**Manuel Jessen, Ingeniero Senior de Planeamiento a Largo Plazo.**

**Diciembre, 2003**

## INDICE

RECONOCIMIENTO.....	3
OBJETIVO .....	4
RESUMEN .....	5
INTRODUCCION .....	6
ORGANIZACIÓN DEL AREA DE PLANEAMIENTO.....	8
Interacción Entre Planeamiento y Otras Áreas .....	9
PLANEAMIENTO A LARGO PLAZO.....	10
1. DISEÑO DEL TAJO FINAL.....	11
El Modelo del Deposito .....	12
Costos Utilizados en el Diseño del Tajo .....	13
El Factor de Descuento .....	16
Ubicación de los Accesos .....	18
Análisis de Sensibilidad del Tajo.....	20
2. DEFINICIÓN DE LAS FASES.....	21
Identificación de Fases.....	21
Diseño de las Fases .....	22
Diseño de Depósitos de Desmonte (botaderos) y Etapas para los Leach Pad: .....	23
3. PLANIFICACION DE LA PRODUCCION .....	24
Restricciones del Programa de Producción.....	24
Cálculos para el Programa de Producción Mina.....	24
Cálculos Para la Programación de la Producción de Procesos .....	26
CONCLUSIONES .....	27
BIBLIOGRAFIA .....	28

## **RECONOCIMIENTO**

Agradecimiento especial, por el apoyo brindado, a la dirección de MYSRL para la creación y publicación de este documento.

## **OBJETIVO**

El presente documento, tiene como objetivo el de dar a conocer los principales mecanismos utilizados por Minera Yanacocha S. R. L. en el proceso de planificación de largo plazo para los diferentes depósitos con los que cuenta, tanto en operación como en preparación o proyectos de minado futuros.

## **RESUMEN**

Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL) opera la mina de oro más grande de Sudamérica y tiene como objetivo el ser la mayor operación de oro por lixiviación a nivel mundial, en términos de eficiencia, seguridad y performance en la protección del medio ambiente.

El oro en su totalidad es producido mediante el proceso de lixiviación por cianuro en los Leach Pads, utilizando una combinación del proceso de Merrill-Crove y Columnas de Carbón para la recuperación.

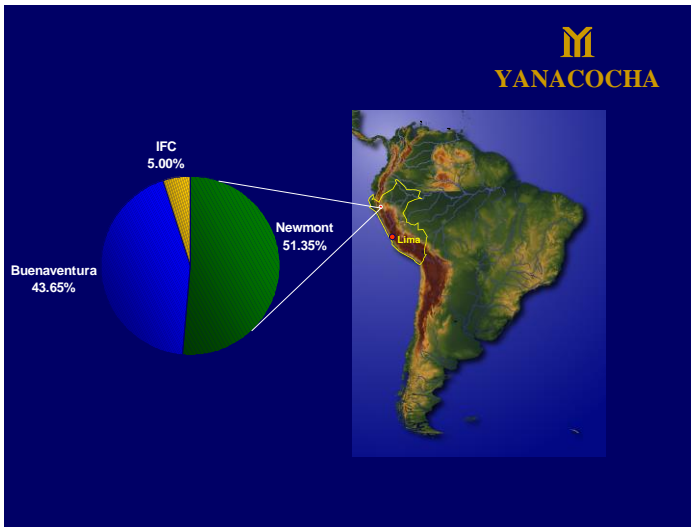
Como un pilar muy importante para poder alcanzar los objetivos trazados por MYSRL, la función del área de Planeamiento es buscar el máximo valor de los recursos de MYSRL, críticos para la continuidad de MYSRL en el largo plazo.

La planificación de largo plazo involucra el desarrollo de una secuencia de minado, la cual planifique la extracción de mineral y de los materiales estériles (desmonte) dentro de los límites finales del tajo.

El plan a largo plazo es la base para proyectar los ingresos y la base para presupuestar los gastos para la operación de Mina, Mantenimiento, Procesos, Proyectos y todas las otras áreas de soporte de producción.

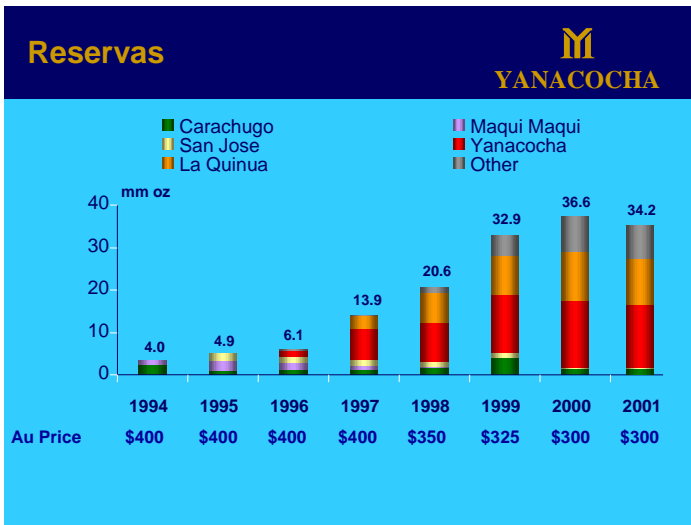
El proceso de Planificación de largo Plazo, cuenta con tres fases principales y bien definidas: La definición de los límites finales de explotación, La definición de las fases dentro de los límites finales y el Plan de minado.

## INTRODUCCION



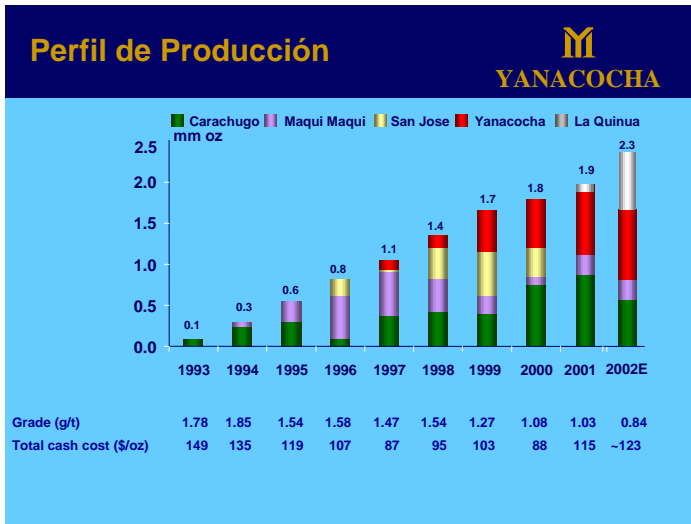
Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL) opera la mina de oro más grande de Sudamérica, cerca a la ciudad de Cajamarca, en la sierra norte del Perú. En el año 2002 el total de material minado desde los tres tajos que tuvo en operación alcanzo los 185.9 Millones de Toneladas, haciendo uso de 5 Palas hidráulicas, 13 Cargadores

frontales y 88 volquetes. El oro en su totalidad es producido mediante el proceso de lixiviación por cianuro en los Leach Pads, utilizando una combinación del proceso de Merrill-Crowe y Columnas de Carbón para la recuperación del oro desde la solución proveniente de los pads.



Minera Yanacocha fue fundada en el año de 1992 e inicio su producción en el año de 1993. Un programa de exploración continua y un exitoso programa de producción han liderado el crecimiento de las reservas de mineral y niveles de producción respectivamente. A finales del 1994 las reservas de oro eran de

4.0 millones de onzas (basada sen un precio de oro de \$400/onza). Al finalizar el 2002 las reservas de oro fueron de 32.6 millones de onzas (basadas en un precio de oro de \$300/onza).



La producción anual de oro se ha incrementado de 0.3 millones de onzas en 1994 a 2.3 millones de onzas, en el 2002. En la actualidad, las ventas han sobrepasado las 14 millones de Onzas.

Los objetivos de Minera Yanacocha pretenden ser la mayor operación de oro por lixiviación, en términos de eficiencia, seguridad y performance en la protección del medio ambiente.

Como un pilar muy importante para poder alcanzar estas metas, la función del área de Planeamiento es buscar el máximo valor de los recursos de MYSRL. Esto no solamente incluye el valor del yacimiento, sino el valor de todas las inversiones realizadas y por realizar, así como el valor de las relaciones de la compañía con sus empleados, el medio ambiente y las comunidades aledañas. Todos y cada uno de estos componentes son indispensables para la continuidad de MYSRL.



## **ORGANIZACIÓN DEL AREA DE PLANEAMIENTO**

El Departamento de Ingeniería y Planeamiento de Producción, esta dividido en tres grandes áreas: Planeamiento de Corto Plazo, Planeamiento a Largo Plazo y el área de Geotecnia e Hidrología.

Dentro de la Sección de Planeamiento de Mina, los ingenieros de Corto Plazo son los responsables por las actividades diarias y los siguientes 18 meses, mientras que los ingenieros de Largo Plazo son responsables del diseño del tajo y de sus correspondientes fases de minado, planificación de equipos y del plan de producción hasta el final de la vida de la mina. Cuando un plan se lleva a cabo, los ingenieros de Corto Plazo se enfocarán en aumentar al máximo los tonelajes a minar de las fases de prioridad más altas, mientras que los ingenieros de Largo Plazo asumirán una función control de calidad para asegurarse de que las fases y los límites de minado planteados para el tajo sean respetados. Ambas áreas enfocarán la supervisión en el comportamiento del modelo del depósito y productividad de los equipos para que las desviaciones del plan puedan ser identificadas y entendidas lo más pronto posible y, si fuera apropiado, reajustar esta información en el momento de realizar una actualización del plan.

**Interacción Entre Planeamiento y Otras Áreas:** El área de Planeamiento realiza una función de área coordinadora. Planeamiento es dependiente del área de Geología para la obtención de las muestras de los taladros perforados y las interpretaciones geológicas, de Operaciones Mina y Mantenimiento de mina para la compilación de datos de productividad de equipos, de Planificación de Negocios para compilar información del costos históricos y criterios para la evaluación financiera y del área de Procesos para realizar las estimaciones de recuperación del mineral. Planeamiento trabaja con el área de Proyectos, Desarrollo de Mina y Procesos para determinar las fechas requeridas en las expansiones de los Leach pads, depósitos de desmonte y stock piles. Planeamiento trabaja con el área de Medio Ambiente para entender los impactos potenciales al medio ambiente, como resultado de determinada operación y con Proyectos, Procesos y Desarrollo de Mina para planear el desagüe de los tajos y control del agua superficial, el tratamiento de aguas en planta, estructuras de control de sedimentos y trabajos de reclamación. La coordinación con las áreas Legales y Medioambientales es crítica para adquirir y mantener los permisos, mientras la coordinación con Asuntos Externos y Desarrollo Rural lo es también para mantener la "licencia social" para operar. Con el apoyo de todas estas áreas, Planeamiento trabaja conjuntamente con Newmont para identificar y evaluar las estrategias que maximizaran el valor del plan.

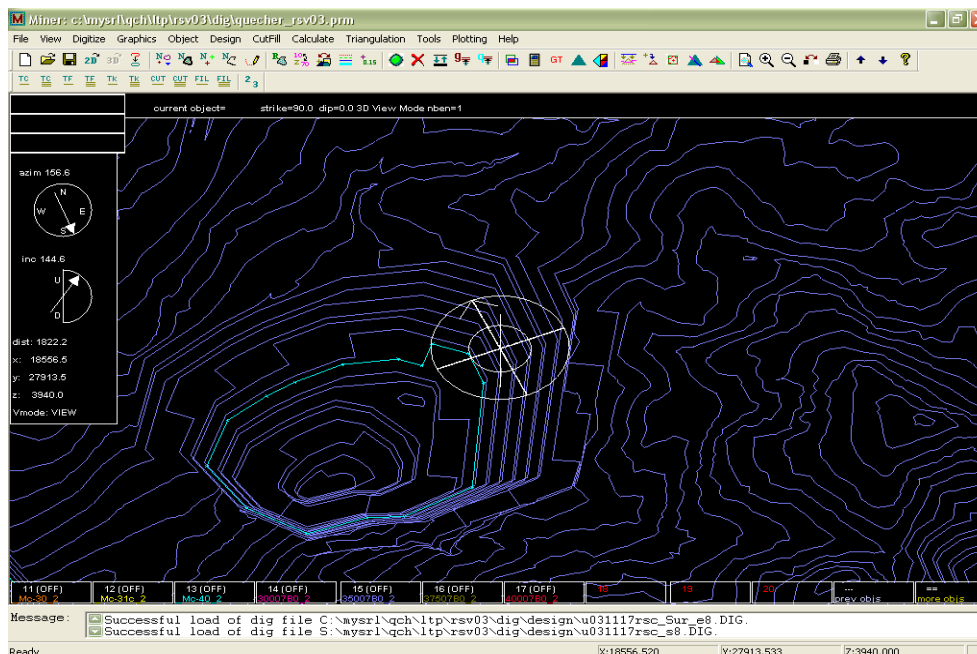
## PLANEAMIENTO A LARGO PLAZO

La planificación de largo plazo involucra el desarrollo de una secuencia de minado, la cual planifique la extracción de mineral y de los materiales estériles (desmonte) dentro de los límites finales del tajo. Se definirá entonces una secuencia que logre los objetivos de producción, de una manera ordenada y maximizando el valor de los recursos de la compañía.

El plan a largo plazo es la base para proyectar los ingresos y la base para presupuestar los gastos para la operación de Mina, Mantenimiento, Procesos, Proyectos y todas las otras áreas de soporte de producción. Basado en las indicaciones de los gerentes de MYSRL y Newmont, el plan de minado frecuentemente es ajustado y revisado para seguir la meta de aumentar al máximo el valor del recurso.

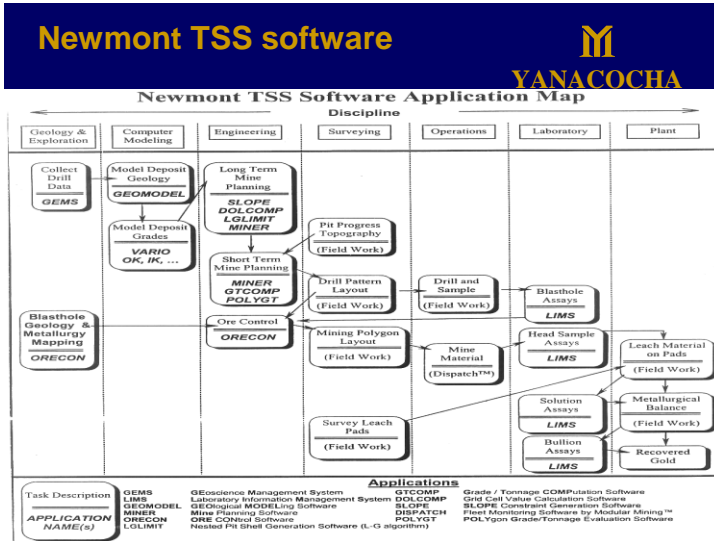
El proceso de Planificación de largo Plazo, cuenta con tres fases principales y bien definidas:

1. La definición de los límites finales de explotación,
2. La definición de las fases dentro de los límites finales,
3. El plan de minado, el cual especificara un nivel de producción por fase y la respectiva secuencia de minado.



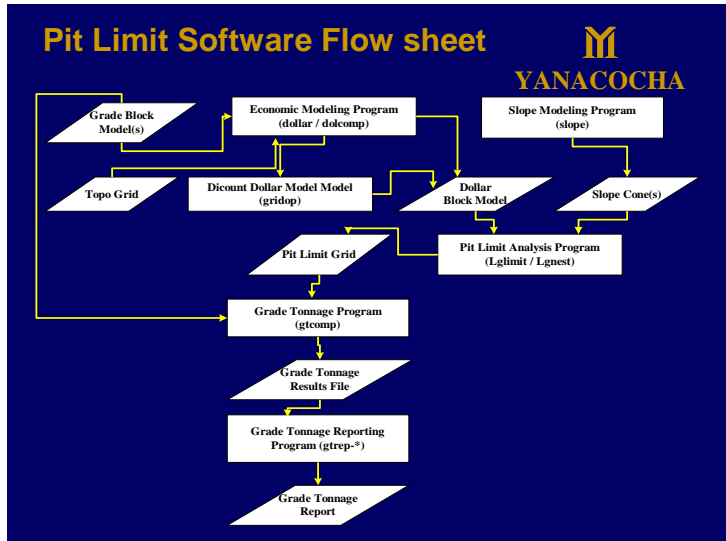
### 1. DISEÑO DEL TAJO FINAL

Los límites finales de los tajos se determinan de tal manera que se maximice la utilidad generada por el depósito.



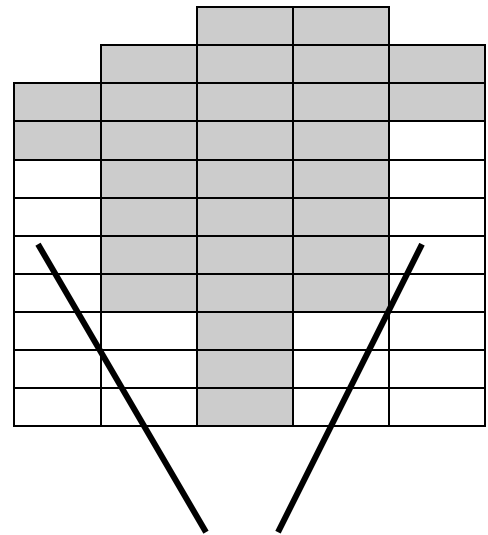
MYSRL hace uso de un programa hecho en casa, el cual utiliza el procedimiento estándar 3D Lerchs Grossman (LG) modificado, para obtener el límite final del tajo. Sin embargo, varios detalles críticos son utilizados en este proceso para asegurar que todas las partes, que conforman del tajo a diseñar, producirán un

retorno sobre la inversión aceptable, cuidando de no dejar material económico fuera de los límites.



**El Modelo del Depósito:** El punto de arranque para la determinación del límite final del tajo es un modelo de bloques que representa al depósito. Luego, para cada bloque en este modelo, se estiman las leyes de oro y plata, así como sus recuperaciones. Normalmente se crean modelos dentro de los dominios geológicos mediante un kriging ordinario, que usa un número limitado de muestras, para evitar una innecesaria influencia de muestras que se encuentren fuera del contexto geológico, en la distribución de leyes.

En estos modelos también se identifican varios dominios geotécnicos, los cuales requerirán diferentes ángulos de talud máximo, para determinar la inclinación de los conos al ser incorporados en el procedimiento de LG.



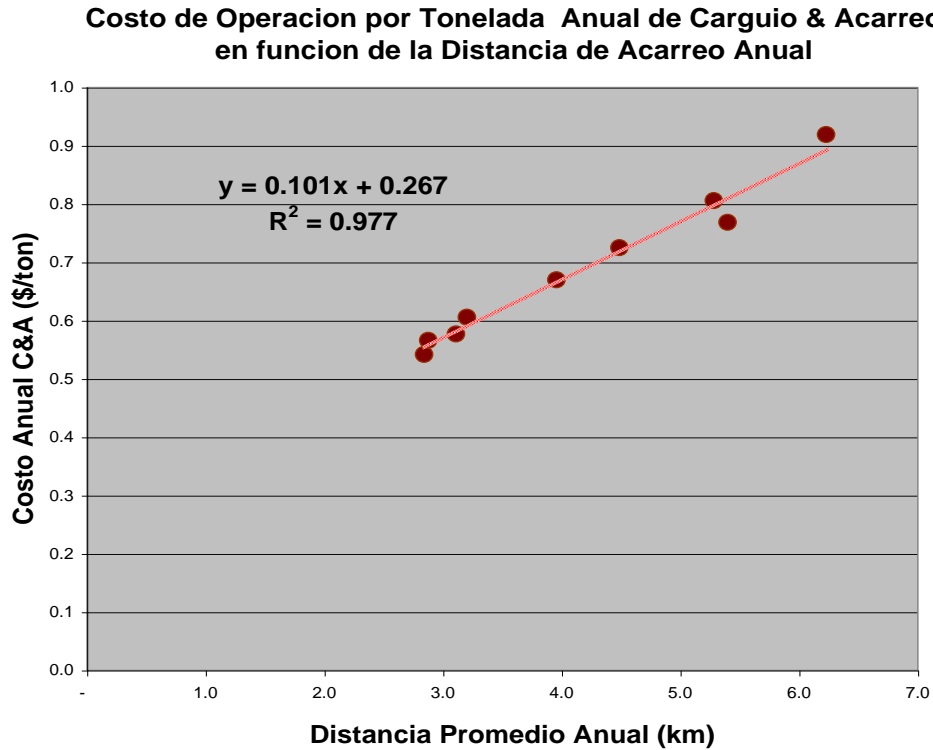
**Costos Utilizados en el Diseño del Tajo:** Para el análisis del límite de un tajo, el principio más importante es que cada tonelada incremental minada debe proporcionar el suficiente ingreso para pagar por todos los costos relacionados a esta operación así como los gastos de capital. Esto incluye no sólo los costos de minando y proceso, sino también los costos de desarrollo en el Leach Pad, protección del medio ambiente, reclamación, cierre y todos los gastos generales y de soporte de la producción.

El proceso de costeo se inicia con el cálculo de los gastos de capital al fin de la vida de la mina y el presupuesto de operación. Cada partida de costo es asignada ya sea a la categoría de minado, procesamiento del mineral o a la de soporte de producción. Los gastos generales y los costos de soporte de producción, relacionados con personal, como los de Recursos Humanos y Prevención de Pérdida, se reasignan hacia el minado y proceso, basándose en el número de personas que laboran en funciones de operación de mina o procesos. Basados en la vida esperada, toneladas minadas y procesadas, se computan los costos unitarios. Cualquier costo de soporte no asignado hasta esta etapa, como el de gerencia y seguridad, es reasignado sobre la base de las onzas recuperadas. Los gastos sobre los derechos de la propiedad (Royalties) serán computados como un porcentaje de las onzas recuperadas, multiplicado por el precio de metal.

Los costos hundidos (“Sunk Costs”), es decir gastos ya realizados, o ya comprometidos, sin tener en cuenta la operación futura o costos fijos no recuperables se excluyen y no intervendrán en el proceso de definir los límites de minado.

En el costo de minado se utiliza un componente que nos permite reflejar el costo de transporte que es sensible al incremento en la distancia desde el tajo hacia la zona de descarga (componente variable del costo de acarreo). El costo de Carguío y Acarreo es entonces disgregado en dos componentes, el primero incluirá el costo de carguío, servicios de mina, mantenimiento de frentes de carguío y otros, costos que se mantendrían “fijos” aun cuando la distancia de transporte se vea incrementada. Un

segundo componente esta entonces referido específicamente al costo de transportar el material desde el frente de carguío hacia la zona de descarga, en el botadero o pad.



Un componente adicional del costo de proceso, el cual refleja el retraso entre el tiempo en que las onzas de mineral son puestas en el Leach Pad y el momento en que estas han sido recuperadas, es utilizado por Planeamiento. Este "costo de inventario financiero" esta basado en la idea de que una porción del oro es retenida en la solución del Pad y no se recupera hasta muchos años después. Esta reducción en el VPN se calcula en base a supuestos en el contenido de humedad en el Pad, tasa de descuento y años que transcurrirán hasta que el mineral sea recuperado (enjuague).

A continuación, se presenta un ejemplo de costos unitarios que muestran la estructura usada para el análisis de tajos y en general para efectos de planificación a largo plazo.

Éstos no son necesariamente números reales, pero se presentan para dar una idea general de la magnitud de los componentes a utilizar.

**Costos Unitarios:**

Costo de Minado para Cálculos de Planificación a Largo Plazo

Perforación y Voladura	\$0.12 por tonelada (incluye \$0.02 por tone O&PS)
Carguío y Acarreo (base)	\$0.47 por tonelada (incluye \$0.08 por tone O&PS)
Acarreo de Desmorte (base)	\$0.35 por tonelada (3.0 Km. @ 0.118 por tone-km)
Cierre	\$0.03 por tonelada (Cierre y Reclamación)
CAPEX Mina	\$0.11 por tonelada
<u>Desarrollo de Mina</u>	<u>\$0.15 por tonelada</u>
<b>Costo De Minado</b>	<b>\$1.23 por tonelada</b>

Costo de Procesamiento de Oxido para Cálculos de Planificación a Largo Plazo

Operación	\$0.41 por tonelada
Cierre	\$0.18 por tonelada (Enjuague, Cierre y Reclamación)
Soporte a Producción	\$0.07 por tonelada (incluye O&PS)
En Proceso "Interés"	\$0.25 por tonelada ( Costo de Inventario Financiero)
CAPEX Planta	\$0.03 por tonelada
<u>CAPEX Leach Pad</u>	<u>\$0.44 por tonelada</u>
<b>Costo de Proceso</b>	<b>\$1.38 por tonelada</b>

Gastos Generales y Soporte de Producción para Cálculos de Planificación a Largo Plazo

Operación	\$17.00 por onza (Todo el remanente O&PS)
<u>CAPEX unidad</u>	<u>\$0.50 por onza (Todo el Capital remanente)</u>
<b>GG y Soporte P.</b>	<b>\$17.50 por onza</b>
 <b>Royalties</b>	 <b>3% del precio del metal</b>



**El Factor de Descuento:** El análisis de Leach y Grossman (LG) estándar nos proporciona un cono dónde el último incremento de material minado contiene ingresos precisamente iguales a los costos. Cuando el último incremento requiere de múltiples años de desbroce antes de obtener el mineral, el último incremento generará un retorno cero sobre el dinero invertido para este efecto. Para evitar esta situación, MYSRL acostumbra un procedimiento de descuento que genera información adicional para el análisis de LG.

Para cada bloque en el modelo del depósito, un valor no descontado se computa como la suma de todos los beneficios esperados por el oro contenido menos todos los costos de minado, proceso y de soporte de producción. Basados en la profundidad de un bloque, el valor descontado es determinado en función al número máximo esperado de bancos que pueden minarse anualmente:

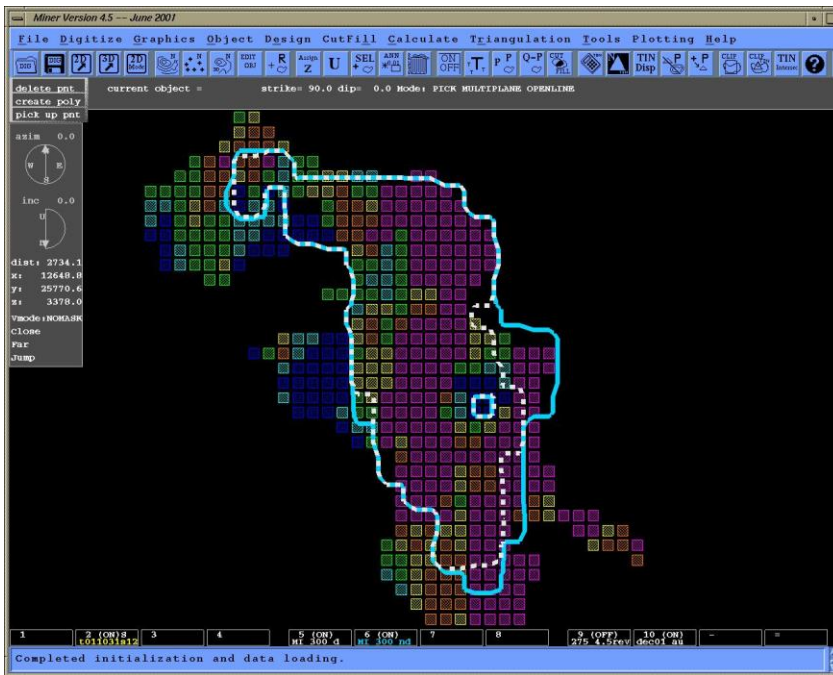
$$\text{Valor descontado} = \text{Valor del bloque} * 1/(1 + \text{tasa de descuento anual} / \text{bancos por año})^n$$

Donde: n es el número de bancos por debajo de la superficie.

Usando estos valores descontados, el algoritmo de LG excluirá incrementos para los cuales la suma de valores descontados será menor a cero. Esto excluirá incrementos que no generen un retorno adecuado sobre la inversión. Dependiendo de la altura del banco y el tamaño esperado de las fases, se define un máximo de avance entre 6 y 12 bancos por año.

Para ilustrar el concepto de descuento, un ejemplo simple se presenta a continuación usando una tasa de descuento de 15% anual y un avance vertical de un banco por año:

Factor	Valores No Descontados						Valores Descontados					
De Descuento												
1.0000	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00
0.8696		-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00	-\$5.00			-\$4.35	-\$4.35	-\$4.35	-\$4.35	
0.7561			\$55.00	\$12.00					\$41.59	\$9.07		
Sumatoria	\$15.0			\$2.00			\$3.54			-\$0.27		
Empuje:	Económico			Económico			Económico			No Económico		
Conclusión:	Económico			Económico			Económico			No Económico		

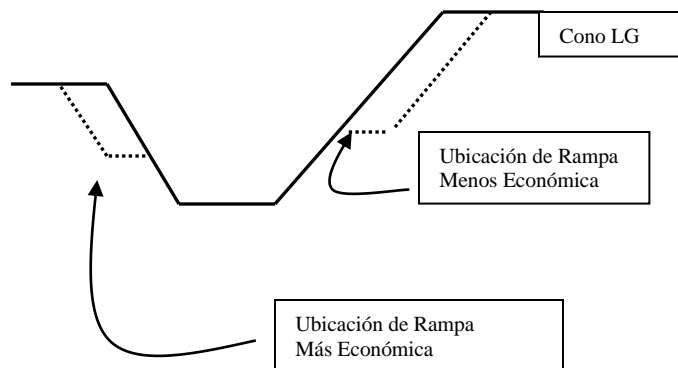


En la figura adyacente, se puede apreciar el efecto de la inclusión del factor de descuento en la generación de los conos. En celeste, cono generado sin valores descontados. En líneas punteadas, contorno para el mismo modelo, aplicando valores descontados en el proceso LG.

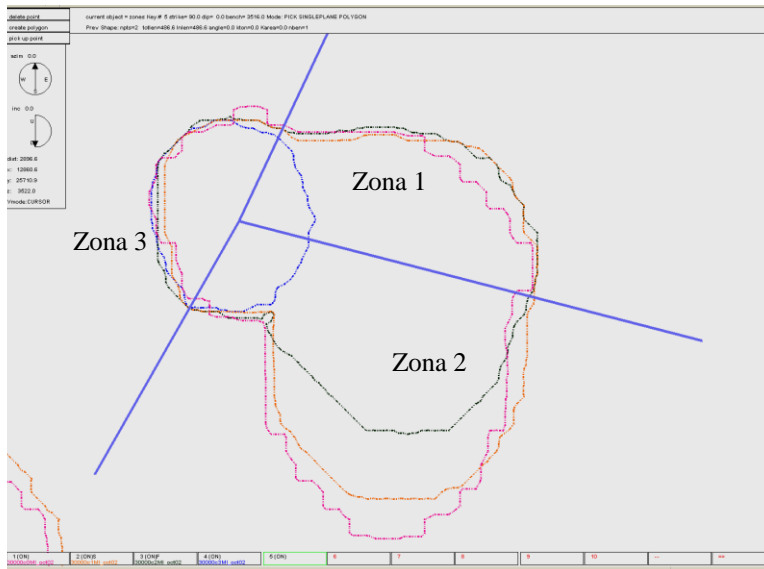
**Ubicación de los Accesos:** El análisis de LG proporciona un cono óptimo basado en una aproximación de los ángulos de talud definidos para todos los bloques. Estos contornos deben modificarse para obtener un diseño práctico del tajo, el cual incluya la rampa de acceso. La inclusión de rampas a un contorno de LG normalmente requiere la adición de desbroce o el tener que dejar mineral fuera de los límites del diseño. Minera Yanacocha acostumbra tres métodos principales para minimizar el impacto económico que produce la inclusión de las rampas de acceso en el diseño del tajo.

Primero, la posición de las rampas es considerada en las paredes con menor altura. Si un cono generado por el LG tiene una "zona llana" o plataforma, el colocar la rampa justo debajo de esta zona solo requerirá desbroce adicional desde la elevación de la rampa hasta la elevación de esta plataforma, en lugar de desbrozar toda la pared hasta la elevación de la superficie. Cabe resaltar que esto es válido tanto si la pared de menor altura es debida a la topografía natural o a la geometría del cono.

En el dibujo adyacente se muestra un esquema de una sección transversal, la línea sólida representa el contorno del cono y las líneas punteadas representan dos posibles alternativas de posición para una rampa. Asumiendo que todo el material fuera del contorno del cono es estéril, con un costo de minado constante, la alternativa de la izquierda es significativamente una alternativa de más bajo costo.



Segundo, repetidos análisis de LG son realizados para identificar si el tajo puede soportar económicamente mas desmonte o en su defecto es recomendable dejar mineral en determinadas paredes del tajo final. Típicamente, el primer cono de LG generado usa los ángulos Inter-rampa geotécnicos como uno de los parámetros de entrada (cono base). Entonces, basados en el ancho de la rampa planeada y la profundidad esperada (distancia vertical entre la salida y la base del tajo), se generan los conos adicionales con ángulos más echados con la intención de anticipar el efecto de la inclusión del acceso en el diseño del tajo, permitiendo un número esperado de rampas en cada pared. En líneas generales, si estos conos muestran una pared que generalmente presenta la misma posición de la cresta, entonces la rampa se diseña cubriendo mineral. Si los conos muestran una pared que generalmente presenta la misma posición en el pie, entonces la rampa se diseña minando mas desmonte.



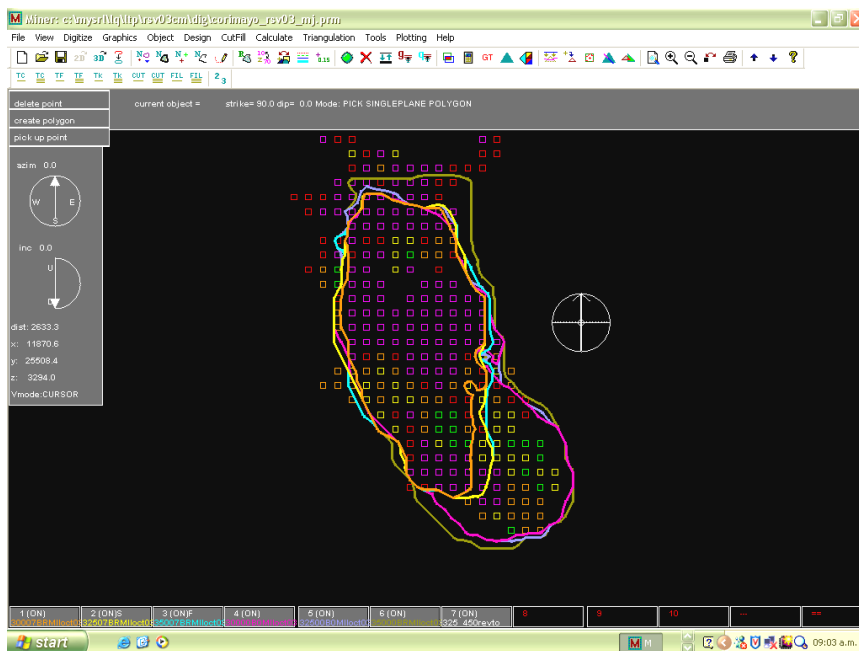
La figura adyacente nos muestra como típicamente, basados en el comportamiento de las paredes en las diferentes zonas del tajo, ante la inclusión de una o más rampas, se genera un diagrama que servirá de guía para definir la ubicación del acceso. Se tomara la decisión

de poner el acceso, en determinada pared, cubriendo mineral o en su defecto minando desbroce adicional.

Tercero, conceptos alternativos de rampas son diseñados y analizados. Análisis de costo incremental y cálculos de beneficio para identificar la alternativa más económica, son utilizados. Donde las diferencias son grandes, nuevas alternativas

son analizadas para confirmar la alternativa seleccionada. A veces, es necesario realizar estudios comparativos entre el costo de minar el desmonte adicional y/o perder mineral, contra los costos de acarreo esperados.

**Análisis de Sensibilidad del Tajo:** Un último componente del proceso de diseño de un tajo es el obtener un mayor entendimiento acerca de cuán sensible es el diseño ante diferentes escenarios económicos y parámetros de reserva del mineral. La sensibilidad del diseño del tajo es examinada mediante reiterados análisis de LG, variando los parámetros de entrada. Típicamente MYSRL examina cuatro sensibilidades principales: la sensibilidad al precio de oro (equivalente a la sensibilidad a la recuperación metalúrgica), sensibilidad al costo de minado, sensibilidad al material inferido y sensibilidad a la tasa de descuento. Estos análisis son utilizados para asegurar que la posición de un acceso se mantendría aun cuando las paredes sean sensibles a la variación de los precios, identificar paredes sensibles a los costos de minado las cuales requerirán de un diseño de rampa cuidadoso, para priorizar campañas de perforación en zonas sensibles a la mineralización inferida y para identificar fases que sean muy sensibles al nivel de avance vertical.



La figura adyacente muestra un ejemplo del resultado de generar reiterados análisis de LG variando el precio del oro e incluyendo el mineral inferido del modelo geológico.

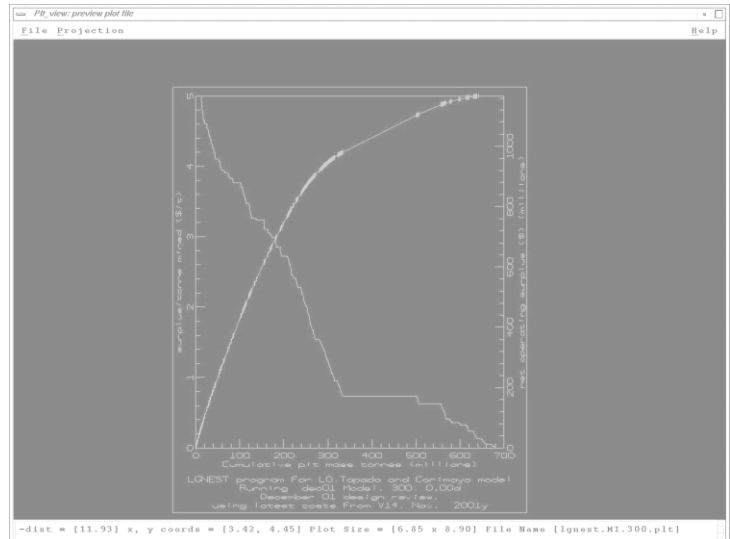
## 2. DEFINICIÓN DE LAS FASES

El objetivo fundamental para la definición de las fases es el de subdividir el material dentro de los límites finales del tajo para que "el mejor" material pueda minarse tan rápidamente como sea posible. Al hacer esto, el valor presente neto del recurso puede incrementarse al máximo.

**Identificación de Fases:** En Minera Yanacocha, la principal limitación en todas sus operaciones es la capacidad de minado. Por consiguiente, la definición de "el mejor" material es la del material que proporciona la mayor ganancia por tonelada, del total material minado. Para identificar el mejor material, una serie de conos anidados son generados incrementando repetidas veces el costo de minado.

Este proceso nos permite generar un gráfico donde se aprecia el tamaño del cono vs. la ganancia mínima por tonelada minada.

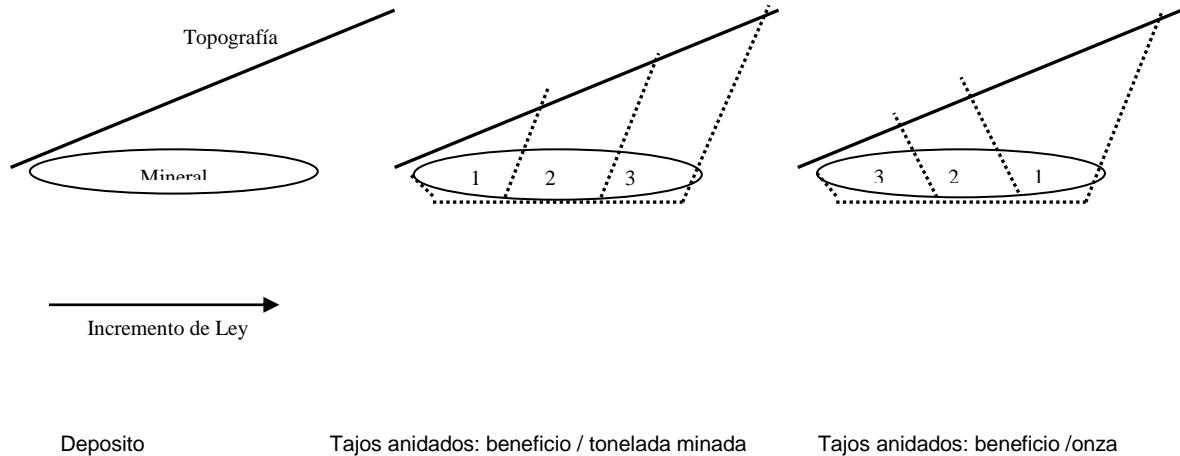
Las fases se identifican típicamente sobre la base del tamaño del cono, justo antes de un cambio brusco en la pendiente de esta gráfica.



Debido a que el minado es la limitación principal para MYSRL, la ganancia por tonelada minada ha sido la variable importante al momento de crear los conos finales anidados mediante el algoritmo LG. Para algunos de los depósitos de MYSRL, el generar estos conos basados en la ganancia por la tonelada minada, genera diferentes resultados a los basados en la ganancia por onza minada. Al diseñar las fases sobre la base de la ganancia por tonelada minada, el plan de minado

aumentará al máximo la ganancia que puede producirse con una cantidad fija en la capacidad de minado.

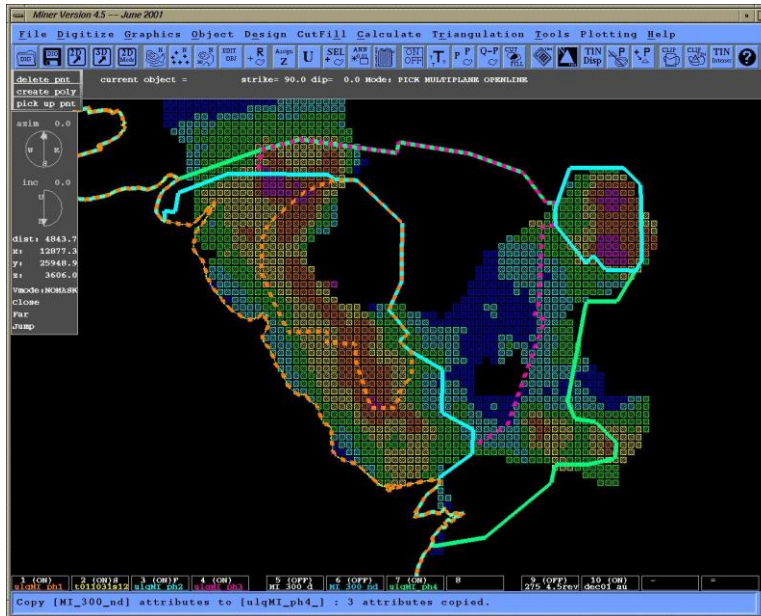
A continuación, un ejemplo de secciones que cruzan a través de un depósito donde los tajos anidados sobre la base de la ganancia por onza son diferentes a los tajos anidados sobre la base de la ganancia por tonelada minada:



En este ejemplo, cuando se generan conos anidado sobre la base de la ganancia por tonelada minada, la zona izquierda del depósito tiene la ganancia más alta por tonelada minada, pero al crear el cono anidado sobre la base de la ganancia por onza, la zona derecha del depósito tiene la ganancia más alta por la onza. En la figura, se puede observar que la secuencia de minado (fases) recomendada cambia de sentido, dependiendo de la decisión de priorizar el beneficio por tonelada minada o el beneficio por onza.

**Diseño de las Fases:** En el proceso de diseño de las fases, las consideraciones son similares a las utilizadas para el diseño de los límites finales de los tajos. Sin embargo, algunas consideraciones adicionales serán requeridas. Las rampas de acceso deben ser diseñadas de manera que sean compatibles con la fase precedente y siguiente, si no, se aumentarán los costos del acarreo. La geometría y anchos

deben permitir un alto avance vertical, si no, el mejor material no se minara tan rápidamente como sea posible.



La figura adyacente nos ilustra como quedaría, en una vista en planta, la configuración de las diferentes fases de minado planteadas para un banco en particular.

En líneas de color naranja-punteadas, se representa el contorno de una primera fase; en líneas de color celeste, la

segunda fase; las líneas de color magenta-punteadas representan la tercera fase y en verde el limite final de minado o cuarta fase.

### **Diseño de Depósitos de Desmonte (botaderos) y Etapas para los Leach Pad:**

Una vez se han determinado los planes de producción de mina, se computan los tonelajes de mineral y desmonte. A partir de estos tonelajes, se pueden preparar los diseños para los botaderos y Leach Pads. Los botaderos y Leach Pads son subdivididos en etapas de la misma manera que los tajos se subdividen en fases. Para minimizar el inventario de áreas de expansión construidas en los Pads/botaderos, las etapas se acondicionan generalmente con una capacidad de un año. Considerando limitaciones de carácter geotécnico, para la secuencia de descarga se priorizan las etapas de menor costo. Entre las más importantes consideraciones para minimizar los costos se encuentran las distancias de acarreo y los gastos de construcción, los cuales están en función de las condiciones de la fundación y la relación entre el área de la base y la capacidad (el volumen) de esta etapa de ampliación del pad/botadero.



### **3. PLANIFICACION DE LA PRODUCCION**

La meta de planificar la producción es la de lograr un desarrollo ordenado de unidad operativa, maximizando el valor del recurso. Usualmente se comparan planes alternativos según su valor presente neto.

**Restricciones del Programa de Producción:** En el corto plazo, la operación de MYSRL esta limitada por su capacidad de carguío y acarreo, por su capacidad de lixiviar el mineral en los pads y por la capacidad de procesar la solución en planta. Adicionalmente, el ciclo de perforación / voladura / carguío crea una limitante en el momento de maximizar la cantidad de bancos a minar por año. Actualmente, MYSRL planea su producción basada en el supuesto de que el pad de lixiviación y la capacidad de tratamiento de la solución en la planta será suficiente para soportar la producción de mina. El programa de producción se convierte entonces un proceso en donde se analizan alternativas para diferentes capacidades de carguío y acarreo.

En el mediano plazo, la capacidad de minado y de lixiviado en los pads puede extenderse con relativa facilidad. Históricamente en MYSRL, la capacidad de minado y lixiviado tiene de dos a tres año de rezago en relación a la cantidad de reserva – tiempo generalmente requerido tanto para los trabajos de ingeniería y construcción de la expansión adicional del pad o botadero. Actualmente cuando la etapa de crecimiento de las reservas se ha estabilizado, MYSRL ha cambiado el enfoque del crecimiento al de eficiencia en la producción. Por consiguiente, los programas de producción están basados en la idea de no incrementar el nivel de producción en la operación de mina.

**Cálculos para el Programa de Producción Mina:** Normalmente, el plan de producción se inicia con un programa supuesto para los cargadores. Basados en la vida proyectada, disponibilidad, uso y productividad del equipo, se computan toneladas por el periodo de tiempo para cada unidad de carguío. Se asigna entonces

el equipo a las fases de prioridad más alta hasta que no hay espacio para localizar mas equipo en esta fase o hasta que la fase alcance un nivel de avance vertical máximo esperado por año. Entonces se asigna el equipo a la fase siguiente en prioridad y así sucesivamente a la próxima fase hasta que todo el equipo de carguío es asignado.

Luego, se computan los tonelajes tanto de mineral como de desmonte y los tonelajes a descargar en los leach pads / botaderos, determinados según la prioridad de las respectivas etapas. Las toneladas a descargar en una etapa en particular de un pad de lixiviación esta determinada por el tiempo que cada lift (nivel) requiere para su lixiviado. Permitiendo 60 días para lixiviar y unos cuantos días mas para la descarga y el acondicionamiento del mangueras, cada etapa puede alcanzar entonces un crecimiento de hasta 5 lifts por año. Una nueva etapa en el pad es puesta en marcha antes de que esta etapa alcance un nivel en la cual no podrá soportar mas descarga.

Seguidamente, se computan los requerimientos de horas camión para transportar el mineral y el desmonte desde los tajos hacia los pads de lixiviación / botaderos. Se comparan las horas requeridas contra las horas disponibles en función al número de camiones, disponibilidad, uso y productividad. Si las horas disponibles de camión son insuficientes, entonces se considerará la adición de camiones a la flota, o de lo contrario se removerá capacidad de carguío desde las fases de minado con más baja prioridad.

La programación del equipo involucra dos desafíos especiales. Primero, debido a que históricamente MYSRL es una operación en crecimiento, se cuenta en la actualidad con cinco diferentes tipos de camiones y cinco diferentes tipos de equipos de carguío. Hacer un seguimiento de la variación de los tiempos de carguío a medida que las distancias de acarreo han incrementado se ha convertido en todo un reto para los planificadores. Segundo, a medida que los camiones y equipos de carguío de mayor tamaño se han introducido, ha habido una cuesta ascendente en la curva de productividad. Desde una perspectiva de planificación, se ha convertido en un desafío

el predecir qué productividad puede lograrse finalmente. Se han desarrollado metas de productividad a través de una combinación de proyección de la tendencia, el benchmarking, datos proporcionados por el fabricante y metas planteadas por la gerencia.

Los cálculos se realizan haciendo uso de hojas de calculo. Se realizan simulaciones de acarreo en TALPAC y FPC para obtener tiempos, basados en ciclos ideales.

**Cálculos Para la Programación de la Producción de Procesos:** Parte inherente al proceso de lixiviación, es el lapso significativo entre el momento en que se depositan las onzas en los Pads y el momento en que estas son recuperadas. Esto debido al tiempo que requiere el oro para ser disuelto en la solución, al tiempo requerido para que la solución fluya al fondo del Pad y al tiempo que requiere la solución residual para ser enjuagada en el Pad. El área de Procesos proporciona las ecuaciones para generar un modelo según el cual podemos planear cuánto oro se recupera en determinado periodo, una vez que el oro ha sido colocado, cuánto oro va al inventario de solución de largo plazo y cuanto tiempo requerirá este oro para ser enjuagado y recuperado de esta solución de inventario. Estas predicciones son ajustadas de acuerdo a los resultados esperados de los programas de reducción de inventario. En MYSRL estos programas también son generados haciendo uso de hojas de cálculo.

Una revisión gerencial de los programas de producción lleva a menudo a iteraciones adicionales. Las iteraciones adicionales incluirían una revisión de los tiempos esperados en lo que se refiere a permisos de operación y construcción, el agregar procesos metalúrgicos no considerados anteriormente, repasar recursos de minado subterráneo y una revisión de alternativas con diferentes niveles de minado.

## CONCLUSIONES

- La planificación de Largo Plazo, es un elemento de vital importancia para las pretensiones de MYSRL en la continuidad de sus operaciones mineras.
- Una revisión periódica de los planes de producción y en general del proceso de planificación a Largo plazo, es requerida para garantizar que todos los factores involucrados en la definición del plan se mantengan dentro de los rangos esperados.
- El entendimiento de las estrategias y planes de producción, así como de los factores envueltos en este proceso (futuras expansiones, posibles impactos, riesgos y oportunidades) por todas las áreas de operación y soporte, es de vital importancia para el desarrollo ordenado de MYSRL. La generación del presupuesto de gastos operativos y de capital será entonces congruente con los objetivos de la corporación, se maximizara el uso de los equipos adquiridos, entre otros beneficios.

## **BIBLIOGRAFIA**

- LONG TERM MINE PLANNING, User's Guide and Reference Manual, Edition 1.2, TSS Software Versión 4, Newmont Mining Company, TSS, 2000.
- Newmont TSS Computer Software Miner Open Pit Mine Planning - User's Guide and Reference Manual Newmont Gold Company 1991.
- Long Term Mine Planning at Minera Yanacocha S.R.L., Infomina Oct. 2002 – Steve Hoerger, Manuel Jessen y Pedro Estatuet.