



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

REDUCCIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE PLANES MINEROS A
TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS Y
OPORTUNIDADES

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y
DIRECCIÓN DE EMPRESAS

PABLO CESAR VERGARA OSORIO

PROFESOR GUÍA:
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
LORETO BURGOS RODRIGUEZ
GERARDO DÍAZ RODENAS

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE: Magíster En Gestión Y Dirección De Empresas
POR: Pablo Cesar Vergara Osorio
FECHA: 22 de noviembre del 2019
PROFESOR GUÍA: Luis Zaviezo Schwartzman

REDUCCIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE PLANES MINEROS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES

Dentro de las distintas especialidades que existen en una empresa minera, está el área de Planificación de la Producción, que tiene por finalidad predecir cuáles serán los resultados “futuros” en un horizonte de tiempo, lo acertado de esta predicción depende de distintos factores (Experiencia, Bases de datos, Tiempo de Planificación, etc.) y ello incide en el cumplimiento de compromisos de ventas de cobre, mantener la vanguardia en el Mercado, donde es necesario una alta productividad y competitividad por el dinamismo que presenta esta industria en la actualidad

Por lo anterior, en los procesos de planificación es recomendable incorporar la metodología presentada en esta tesis, que permite disminuir la incertidumbre que presentan los Planes de Producción Minera. En esta propuesta se considera desde el análisis del input entregados por las distintas áreas, que deben ser sometidos a revisión, y así asegurar la calidad de la información para la confección de dicho plan.

En esta metodología, los resultados del Plan de Producción, a su vez también son analizado por un grupo multidisciplinario, que abarca todas las áreas que están involucradas, directas e indirectamente en la ejecución del plan. De ello se obtienen las Oportunidades y Riesgos que presentan los distintos factores que influyen en las metas productivas, con factores internos y externos, probabilidad de ocurrencia, y su impacto en el Plan de Producción final. Estos Riesgos y Oportunidades, son graficados como burbujas (Cu catódico vs probabilidad), de forma identificar los de mayor impacto, los que son priorizados y que deben tener planes de acción concretos de forma de disminuir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos y aumentar los de las oportunidades.

Con los resultados de los Riesgos y Oportunidades se debe realizar nuevamente la evaluación del Plan de Producción, de esta manera sabremos cual es la probabilidad de cumplir las metas productivas propuestas desde el Plan. Para esto, se deben incluir herramientas de análisis estadísticos que ayudan a inferir y a decidir si el plan cumple con las expectativas de la organización. En el caso de que este plan no cumpla con los requerimientos productivos, se debe analizar si los planes de acción para los R&O son lo suficientemente efectivos para mantener en “control” el Plan.

Para el éxito del Plan de Producción, se debe incorporar esta metodología, que no requiere recursos adicionales, y donde se indica cual es el ciclo PDCA que debe tener este plan desde la entrega de los input, pasando por la confección del plan, la ejecución, el análisis de riesgo, y planes de acción, disminuyendo las incertidumbres a través del control, eliminando los eventos no deseados, y en el caso de generarse estos, las consecuencias son menores por la aplicación de acciones mitigadoras.

DEDICATORIA

A mis hijas Ema, Maida y Trinidad, a mi esposa Marcela, quienes son la razón de mis esfuerzos y mi mayor motivación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Minera Spence, y a Rodrigo Ramirez, por la posibilidad de cursar este magister, y el apoyo entregado en este periodo de duración del postgrado.

A Loreto Burgos y a Luis Zaviezo, por la orientación, los comentarios y el soporte, que mantuvieron desde el inicio de la confección de esta tesis hasta la etapa final, que sin duda fue un gran sustento para mantener las energías y lograra un trabajo de calidad.

Al departamento de Ingenieria Industrial, y en especial a los profesores por el tiempo y la enseñanza entregada, a Veronica, a Raul, Ulda y a todos los que hicieron de este proceso de estudio un lugar muy grato y comfortable.

Como no, a mis compañeros del MBA, y a particularmente a Benjamin, Antti, Jose Luis, Renato y Carlos, por la experiencia entregada, las conversaciones que sin duda enriquecieron, me hicieron crecer profesionalmente y valóricamente, y por sobre todo a Felipe y Cristian, por las extensas jornadas de estudio compartidas, el esfuerzo, el compañerismo, y en general a todos por la camaradería entregada.

A mi familia, a mi madre y hermanas, a mis hijas y esposa por la paciencia y la comprensión del tiempo que significo estar fuera de casa, y que siempre me esperaron para entregarme un fuerte abrazo y darme las energías de continuar.

A mis amigos Marcela y Luis, Paula y Felipe, Paulina y Florian, y a sus hijos, quienes siempre cuidaron de mi familia en mi ausencia, y en los momentos que podíamos compartir, formamos una gran familia, muchas gracias.

Y a mis compañeros de trabajo de minera Spence, que en muchos momentos tuvieron una palabra de ánimo y de apoyo, aconsejando y ayudando cuando se solicitaba.

Sinceramente, muchas gracias a todos.

TABLA DE CONTENIDO

REDUCCIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE PLANES MINEROS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	vi
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Minera Spence S.A	1
1.2. Planificación Minera, expectativas generadas versus resultados	2
2. OBJETIVO.....	6
3. METODOLOGÍA.....	6
4. RESULTADOS ESPERADOS	7
5. ALCANCES.....	8
6. MARCO TEÓRICO	8
6.1. Plan de Producción	9
6.1.1. Largo Plazo.	11
6.1.2. Mediano Plazo.	11
6.1.3. Planificación de Corto Plazo.....	11
6.1.4. Horizontes de Planificación en Minera Spence S.A	12
6.1.5. Etapas del Proceso de Planificación.....	14
6.1.6. Identificación y manejo de alternativas técnicas.....	18
6.2. Mercado del Cobre.....	18
6.2.1. Precio del cobre.....	19
6.2.2. La industria del Cobre.....	19
6.2.3. La Minería del Cobre en Chile.....	20
6.3. Probabilidades y Estadísticas.....	21
6.3.1. Probabilidades objetivas y subjetivas	22
6.3.2. Cuantificación de las Riesgos y Oportunidades.....	23
6.3.4. Formas de evaluar una distribución de datos.....	26
6.3.5. Cálculo de probabilidades para diferentes distribuciones	27
6.3.6. Método de Montecarlo.....	28
6.3.7. Riesgos y oportunidades de los planes mineros.....	30

7.	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	32
7.1.	Recolección, análisis y formalización de Input	32
7.1.1.	Input, lineamientos y propósito de cada uno de ellos	32
7.1.2.	Gestión de Inputs.	34
7.1.2.1.	Análisis de input.....	35
7.1.2.2.	Revisión de input.....	40
7.1.3.	Formalización de input.	43
7.2.	Plan de Producción	44
7.2.1.	Determinación del Plan de área Seca:	44
7.2.2.	Determinación del Plan de área Mina:.....	46
7.2.3.	Determinación del Plan de Ripios:	51
7.2.4.	Determinación del Plan de lixiviación.....	53
7.2.5.	Determinación del Plan de Cátodos.....	54
7.2.6.	Determinación del Plan General de Producción	55
7.3.	Análisis de riesgos y oportunidades.....	59
7.3.1.	Identificación de Riesgos & Oportunidades (R&O).....	61
7.3.2.	Impacto y Probabilidad de Riesgos & Oportunidades.....	63
7.3.3.	Control de Riesgos y Oportunidades	66
7.3.3.1.	Generación de planes de acción.....	67
7.3.3.2.	Seguimiento de los planes de acción	68
7.3.3.3.	Evaluación y evolución de la iniciativa.	70
7.3.3.4.	Monitoreo y control.	71
7.3.3.5.	Incorporación de acciones al Plan de producción	72
7.3.4.	Obtención de probabilidad de cumplimiento del plan.....	74
7.3.4.1.	Proceso de obtención de probabilidad de cumplimiento del plan por medio de Minitab.....	75
7.3.4.2.	Proceso de obtención de probabilidad de cumplimiento del plan por medio de sensibilidad del plan.....	86
7.3.4.2.1.	Proceso de obtención de probabilidad de cumplimiento del plan por medio de sensibilidad del Plan	87
8.	PLAN DE IMPLEMENTACION	90
8.1.	Identificación del problema	90
8.2.	Priorización del problema.....	90
9.	CONCLUSIÓN.....	90
10.	RECOMENDACIONES	95
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	96

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 “Layout de instalaciones minera Spence”	2
Imagen 2 “Diagrama proceso productivo en Spence”	5
Imagen 3 “Distintas áreas que están asociadas a la entrega de valor”	18
Imagen 4 “Modelo de simulación Montecarlo”	30
Imagen 5 “Portada presentación de la revisión del proceso de input”	41
Imagen 6 “Lamina resumen de la información de input”	41
Imagen 7 “Lamina de ejemplo del valor entregado de un input específico y su variabilidad”	42
Imagen 8 “Lamina de ejemplo del valor entregado de un input específico y sus valores obtenidos en los periodos de tiempo que lo anteceden al plan”	42
Imagen 9 “Diagrama de flujo input”	43
Imagen 10 “Proyección Foto de inicio mina”	46
Imagen 11 “Alimentación semanal mina (Sectores)”	47
Imagen 12 “Fases de la mina (mineral y lastre)”	49
Imagen 13 “Plan de perforación”	50
Imagen 14 “Plan de tronadura”	50
Imagen 15 : “Curvas de recuperación para la construcción del plan de Lixiviación”	53
Imagen 16 “Plan de Producción”	58
Imagen 17 : “Flujo para la generación de Riesgos y Oportunidades para el Plan”	61
Imagen 18 “Ejemplo de seguimiento de plan de acción para inchancable”	69
Imagen 19 “Ejemplo de aplicación en Minitab para determinar la distribución”	77
Imagen 20 “Ejemplo de aplicación en Minitab para distribución estadística de los riesgos”	77
Imagen 21 “Ejemplo de resultados estadísticos obtenidos de Minitab”	78
Imagen 22 “Ejemplo de resultados estadísticos obtenidos de Minitab, su correlación con las distintas distribuciones y parámetros”	79
Imagen 23 “Ejemplo de resultados estadísticos para las Oportunidades obtenidos de Minitab, su correlación con las distintas distribuciones y parámetros ”	80
Imagen 24 “Ejemplo de aplicación en Minitab para generar vector aleatorio para R&O”	81
Imagen 25 “Ejemplo de aplicación en Minitab para generar vector aleatorio para oportunidades”	81
Imagen 26 “Ejemplo de aplicación en Minitab para generar vector aleatorio para Riesgos según distribución obtenida anteriormente”	82
Imagen 27 “Ejemplo de generación de datos aleatorios para los R&O”	82

Imagen 28 "Análisis de distribución para nuevo vector para el plan de producción"	83
Imagen 29 "Resultados estadísticos para el nuevo vector de producción"	84
Imagen 30 "Generación de análisis estadístico para el vector de Producción (R+O)" ...	85
Imagen 31 "Generación de análisis estadístico para el vector de Producción (R+O)" ...	85

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 "Variabilidad plan mensual de producción"	3
Grafico 2 "Iniciativa vs Esfuerzo"	6
Grafico 3 "Grafico del Precio del cobre 1990 a 2018"	19
Grafico 4 "Se indica un ejemplo de un gráfico de distribución continua"	25
Grafico 5 "Se indica un ejemplo de un gráfico de distribución discreta"	26
Grafico 6 "Ejemplo de Gráfico resumen utilización CEX TUM"	38
Grafico 7 "Distancias entre puentes (Apilador-Rotopalas) "	52
Grafico 8 "Ejemplo de Producción de cátodos de Cobre"	54
Grafico 9 "Ejemplo de Grafico de Burbujas de Riesgos y Oportunidades"	66
Grafico 10 "Ejemplo de la (Evolución) movimiento de un R&O"	71
Grafico 11 "Ejemplo de la variación de los R&O al implementar planes de acción"	73
Grafico 12 "Ejemplo de los R&O presentes en el plan de producción"	74
Grafico 13 "Ejemplo de la curva CDF para los R&O presentes en el plan de producción"	86
Grafico 14 "Distribuciones estadísticas para la generación de Input (Utilización)"	92
Grafico 15 "Variación de los R&O al implementar planes de acción"	94
Grafico 16 "Variación de la probabilidad de ocurrencia al implementar planes de acción"	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 "Secuencia general de un Plan de Producción"	10
Tabla 2 "Ciclo de Planificación de Producción"	12
Tabla 3 "Horizontes de Planificación en Spence"	13
Tabla 4 "Planes de producción en distintos horizontes"	14
Tabla 5 "Participantes y Roles"	16

Tabla 6 “Interfaces del Plan de Producción”	17
Tabla 7 “La tabla muestra que el 43% del PIB está relacionado con la Minería y su dependencia”.....	21
Tabla 8 “Resumen los inputs requeridos para el proceso de planificación”	35
Tabla 9 “Planilla de datos base desde Data MINING”	36
Tabla 10 “Planilla de datos base Minitab”	36
Tabla 11 "Test de bondad de ajuste"	39
Tabla 12 “Estimación de parámetros de distribución”	40
Tabla 13 “Plan de Producción Area seca”	45
Tabla 14 “ Plan de alimentación (Mineralogía)”	48
Tabla 15 “Plan de ripios”	52
Tabla 16 "Ejemplo de Plan de Producción"	57
Tabla 17 "Incertidumbres externas"	62
Tabla 18 "Incertidumbres internas "	63
Tabla 19 "Tabla de incertidumbre y probabilidad"	64
Tabla 20 “Ejemplo de Probabilidad e Impacto de inchancable”	65
Tabla 21 "Ejemplo de Probabilidad e Impacto de inchancable"	68
Tabla 22 "Ejemplo de monitoreo de todas las acciones en una sola hoja"	72
Tabla 23 "Tabla de R&O, probabilidad e impacto"	75
Tabla 24 "Tabla de R&O, y su variabilidad en el plan de producción"	76
Tabla 25 "Variables Criticas utilizadas en la sensibilidad del Plan"	88
Tabla 26 "Rango de valores para cada una de las Variables críticas"	88
Tabla 27 "Matriz de cálculo para valores para cada una de las Variables críticas"	89
Tabla 28 "Resultados de la sensibilidad del Plan de Producción"	89
Tabla 29 "Resultados de la sensibilidad del Plan de Producción"	95

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Minera Spence S.A

Minera Spence se dedica a la producción de cátodos de cobre por medio de una operación a cielo abierto en el municipio de Sierra Gorda, Región de Antofagasta, en el norte de Chile. Es una empresa de BHP Minerals Americas, que está orientada a la explotación de yacimientos mineros de cobre, cuya producción se comercializa internacionalmente en la Bolsa de Metales de Londres. Minera Spence S.A es una empresa altamente comprometida con una gestión que apunta a HSEC (Health – Security - environmet - communities) la seguridad de las personas, preocupados de su integridad, trabajando en conjunto con el medio ambiente y la comunidad de Sierra Gorda, y a su vez, preocupada de cumplir una misión que tienda a la excelencia de sus procesos y la máxima eficiencia de sus recursos siguiendo la línea de ser una operación destacada y simple.

Minera Spence S.A. comenzó sus operaciones en septiembre del año 2005 con la puesta en marcha de la planta de chancado, siguiendo en diciembre del mismo año con el inicio de las operaciones de SX (Extracción por Solventes) y EW (Electro-obtención), obteniéndose de esta forma, el primer cátodo de cobre el mismo año. Spence es una mina de cobre con una capacidad de tratamiento de 200.000 toneladas de cobre fino al año y una ley promedio de 1,2% Cu; cuenta con operaciones de extracción mina, chancado primario, secundario y terciario, lixiviación de aproximadamente 20.000.000 toneladas de mineral entre óxidos y sulfuros, además cuenta con una planta de extracción por solvente de flujo reverso y una nave de electro-obtención totalmente automatizada con la última tecnología de cosecha y despegado de cátodos.

Sin embargo, la capacidad de diseño de la planta no había alcanzado los valores previstos, esto principalmente debido a las bajas recuperaciones de lixiviación en las operaciones de sulfuros y las bajas transferencias desde SX a EW, y ´por la variabilidad en el proceso de planificación.

En la actualidad para Minera Spence S.A. se aprobó un estudio de impacto ambiental para aumentar la vida útil de su mina mediante la explotación de los recursos de sulfuros situados por debajo del actual yacimiento. El proyecto considera la construcción y operación de una nueva planta concentradora con una capacidad de tratamiento nominal de 95.000-100.000 t/d e infraestructura asociada para alcanzar una producción anual de 835.000 t. de cobre en concentrado y 7.500 t. de molibdeno. Además, contempla la construcción de una planta de desalinización que suministre alrededor de 800 l/s de agua desalada para procesos industriales, así como un acueducto de 154 km. y una estación de bombeo, y un es tanque de agua de almacenamiento de 4.000 m3. de capacidad

Por tal motivo y dadas las proyecciones de aumento en producción, es que Minera Spence ha puesto en marcha una serie de proyectos y estudios orientados a cumplir con los requerimientos Productivos y de Planificación, donde este estudio se enmarca y se encuentra dentro de los alcances anteriormente mencionados.



Imagen 1 “Layout de instalaciones minera Spence”

(Fuente: “Presentación Minera Spence”)

1.2. Planificación Minera, expectativas generadas versus resultados

La planificación en la minería tiene como objetivo principal, determinar los ritmos y niveles de producción que se pueden alcanzar con los recursos existentes. Pero eventos no planificados se han desencadenado en la ejecución del plan productivos en años anteriores generando pérdidas de producción, debido a la falta de planes de acción adecuados, y además debido a no reconocer las oportunidades, y así poner el plan nuevamente en curso, dada la baja preparación para incorporar estas iniciativas de mejora.

La variabilidad en el cumplimiento de los planes de producción en Spence, es un factor que es repetitivo, teniendo solo como referencia los dos últimos Años Fiscales (FY), podemos considerar que es un proceso que no es estable, el cumplimiento del PFA

(Performance Forecast accuracy), presenta desviación positivas y negativas, lo que se puede observar en el gráfico 1.

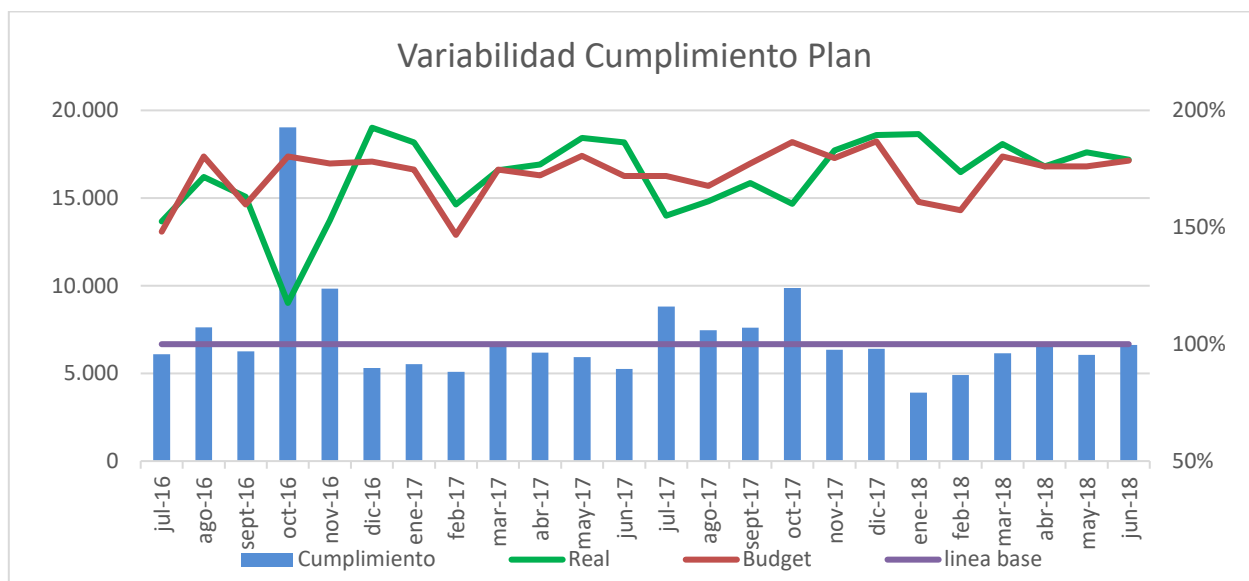


Gráfico 1 “Variabilidad plan mensual de producción”

(Fuente: Elaboración Propia a contar de datos conciliados y planes de producción)

En el gráfico de barras se muestra el porcentaje de cumplimiento del real vs el plan, en las líneas, se pueden observar los valores reales (t.) versus lo planificado (t.), donde las diferencias en estos tonelajes generan incertidumbre y menor credibilidad en los planes, por ende, menor probabilidad de inversión de los capitales (a), por las pérdidas e incertidumbre que significan estas desviaciones, generando mayor gasto que se traduce en mayor costo y menor retorno (b).

(a) En el caso de Spence, la capacidad máxima de producción es de 200.000 toneladas de cobre catódico, el cual se logró en el año fiscal 2018 (julio a junio). Debido a que anteriormente, aunque estaba planificado llegar a estas producciones, por distintas razones, no había sido posible alcanzar su capacidad máxima. Esto provocó que los inversionistas de BHP, se inclinaron por invertir los capitales en otros proyectos, postergando SGO para Spence, debido a que en la cartera de inversión existían otras minas pertenecientes a BHP que presentaban mayor retorno que el de Spence. Finalmente, las expectativas del cumplimiento de la capacidad máxima y que se finalmente se logró, género que dentro de la cartera de inversión de BHP, el proyecto SGO se posicionara dentro de los 4 proyectos más confiables y rentables para la compañía, ejecutándose desde el 2019.

(b) Además, en el caso del no cumplimiento de las metas de producción, significa que Spence para llegar con los compromisos tomados de los planes de producción de cobre y las ventas de cobre catódico, debe ir al mercado a buscar el delta de cobre para

asegurar que los clientes reciban los niveles de cobre que se habían pactado. Lo anterior genera que, en el caso del año 2016, donde existía un compromiso de tener en el mercado una producción de 200.000 toneladas de cobre, y la producción de Spence ese año fue de 180.000 toneladas de cobre, fue necesario comprar 20.000 toneladas de cobre, lo que significa aproximadamente dejar de recibir 110 millones de dólares, y generando un gasto adicional en las mismas proporciones, aumenta el costo de producción para Spence, no cumpliendo los planes de costos para la empresa. Además, este no cumplimiento y la compra de cobre a intermediarios, pone en riesgo la reputación de Spence, donde es reconocido por la alta pureza de sus cátodos, los cuales siempre reciben bonificación por la calidad del producto entregado. Por otro lado, este gasto adicional, en algunos casos significa no amortizar la deuda existente e involucra volver a endeudarse para cubrir este mayor gasto y cumplir la cuota de la deuda que se debe pagar.

Por lo anterior, surge imperiosamente la necesidad del trabajo de ***disminuir la incertidumbre de los Planes de Producción***, y se origina debido a que la forma de interactuar del área de Planificación de la Producción, con los distintos stakeholder, es de solo “recibir” los inputs, los cuales no son evaluados de forma metódica, simplemente no son “desafiados”, y al ingresarlo a los procesos de planificación, entregan resultados erróneos, con pronósticos que generalmente no se pueden lograr, o que están subvalorados, y que se representan en planes de producción que la organización no tiene confianza debido a que desde el inicio (input) presenta equivocaciones.

De lo anterior podemos, además interpretar en que esta baja credibilidad en los planes de producción, genera un bajo compromiso que tienen las distintas áreas que deben cumplir con los planes de producción, no mostrando el interés necesario en implementarlos, ya que no se sienten partícipes de la confección del plan, y es por esto, qué no se cumple el ciclo de mejora continua, la retroalimentación entre las áreas no es la esperada.

Es importante considerar que el fin de la planificación de la producción es realizar y dirigir el proceso productivo de manera segura y óptimo para el negocio, estar preparados para todas las eventualidades independientes de sus etapas productivas.

Así, la Planificación de la Producción se debe ocupar de determinar temas como los recursos, input, posibles resultados, la forma de procesamiento del material extraído, el calendario de actividades y muchos otros aspectos relacionados a las operaciones mineras. Una mala decisión es generalmente irreversible y afecta todo el futuro del Plan, esto debido a lo difícil del proceso extractivo y al lento retorno de la inversión.

Entonces es necesario que la Planificación de la Producción, considere los horizontes de tiempo y sea ajustada periódicamente de acuerdo a los resultados obtenidos, esto se vuelve más complicada por la cantidad de variables que hay que tomar

en cuenta. Sin embargo, realizado con un equipo de especialistas, se convierte en una herramienta vital para mejorar las posibilidades de éxito del Plan.

Debido al riesgo involucrado, es relevante considerar y analizar la información de entrada (Input) en la elaboración de los Planes de Producción para generar análisis de sensibilidad de acuerdo con la confiabilidad de la información, así evaluar múltiples escenarios de forma de entregar la propuesta que maximice la producción y minimice los costos. Los eventos no planificados pueden desencadenarse durante la ejecución del plan, causando una disminución en el cumplimiento del plan.

Por lo anterior expuesto, es necesario y fundamental incluir en el proceso de elaboración del plan, una metodología, donde los equipos multidisciplinarios definan los eventos contingentes que pueden afectar a la operación, y por ende a los resultados de las metas establecidas. Estos eventos, incluso aquellos con baja probabilidad de ocurrencia, deben incorporarse a través de un proceso de **gestión de riesgos y oportunidades**.

Esta metodología permite incorporar la probabilidad de ocurrencia de la desviación en un lapso de tiempo determinado y el impacto que la desviación puede causar si el plan de acción no se ejecuta.

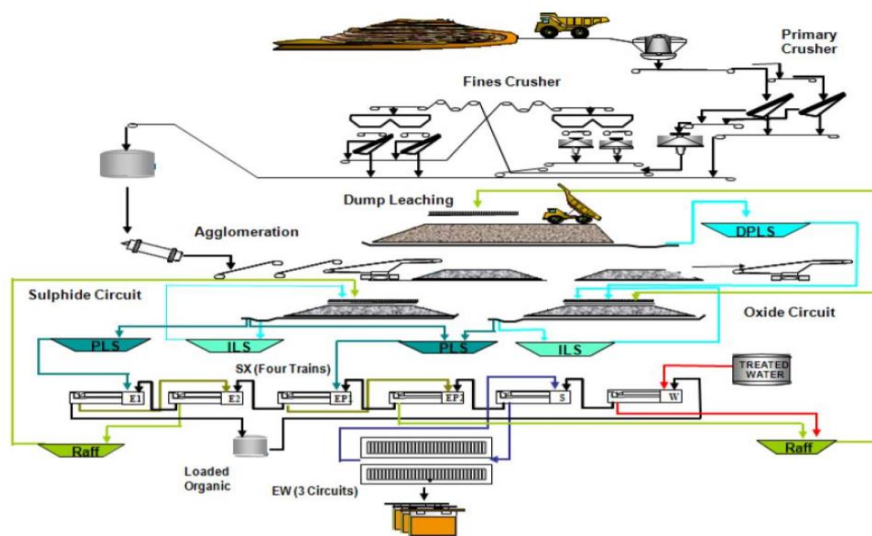


Imagen 2 “Diagrama proceso productivo en Spence”

(Fuente: “Presentación Minera Spence”)

2. OBJETIVO

Incorporar una metodología que permita generar Planes de Producción, considerando desde la Mina hasta Cátodos, garantizando que cada una de las etapas productivas, cumplan sus metas con una alta probabilidad de ocurrencia y disminuyendo la incerteza de los resultados esperados en seguridad y en productividad.

3. METODOLOGÍA

Para incorporar un proceso bajo una metodología, que permita analizar los riesgos y oportunidades de los Planes de Producción, ésta se debe basar al inicio en el análisis de los riesgos existentes, que son un punto de partida de los planes de largo plazo y luego revisar los nuevos riesgos que deben controlarse en los planes siguientes de mediano y corto plazo. De esta misma forma, las oportunidades se plantean como mejoras al plan propuesto, que posteriormente se evalúan en el momento de la ejecución y el beneficio que esta entrega.

Este proceso es conformado por un equipo multidisciplinario, donde se definen la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos y una estimación de la pérdida o ganancia en la producción de cobre, que se realizan utilizando los criterios de expertos de los integrantes de este equipo. Se deben plantear planes de acción para cada uno de los riesgos y oportunidades, que se priorizan eligiendo el más simple, directo y menos costoso de incorporar.

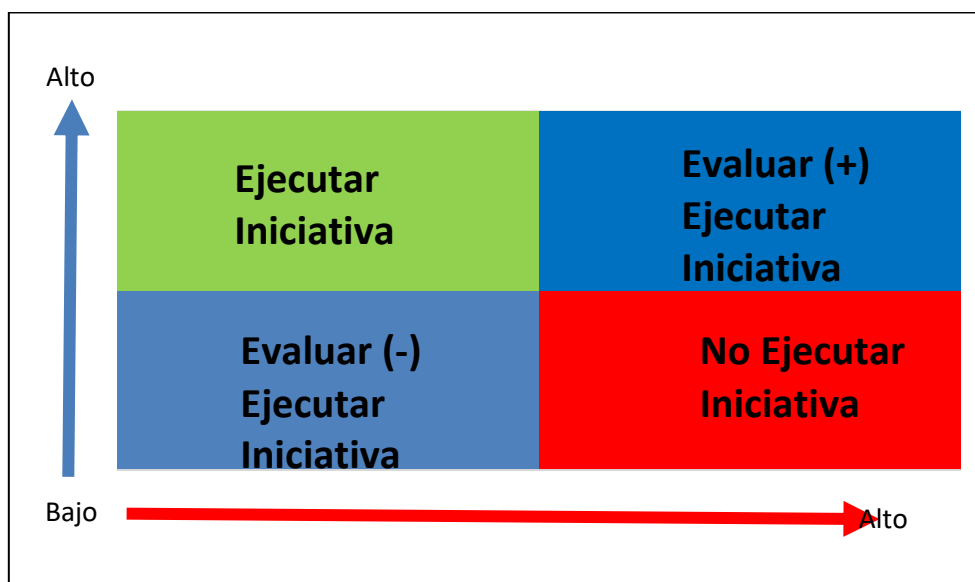


Grafico 2 “Iniciativa vs Esfuerzo”

(Fuente: “Grafico evaluación de iniciativas Spence”)

El mejor plan de acción del análisis realizado, se incluye en un plan maestro que considera un "Carta Gantt" de acciones detalladas (fecha, responsable, comentarios) para el seguimiento semanal con las áreas involucradas. Este plan se revisa mensualmente con los gerentes. El monitoreo y control se realiza diariamente con los equipos ejecutores.

Los cuatro pasos clave son para la metodología de reducción de incertidumbre en Planes de Producción son:

1. Recolección, análisis y formalización de inputs; En este paso, los equipos de análisis y mejoramiento brindan la mejor propuesta de input para la elaboración del Plan de Producción. Existe un estándar de entrega que se desarrolló con requerimientos estadísticos.
2. Desarrollo del plan de mina; Una vez consolidadas y formalizadas el input para la construcción, el plan de producción comienza a prepararse, por medio de distintas herramientas que utilizan los equipos de planificación.
3. Análisis de riesgos y oportunidades; Considera una consolidación de todos riesgos sobre el plan de producción y las oportunidades que indican una mejor opción a los supuestos ya considerados anteriormente.
4. Control de riesgos & oportunidades. Una vez identificados todos los riesgos del plan, se debe obtener un control periódico, para actuar en forma continua e incorporar las oportunidades a dicho plan.

Cada uno de estos puntos/actividades los revisaremos con mayor profundidad en el desarrollo de la metodología.

4. RESULTADOS ESPERADOS

El uso y la importancia de esta metodología, es clave para capturar cada posible desviación que pueda tener el Plan de Producción, y revertirlo en el momento apropiado, a través de la implementación y el seguimiento de los planes de acción. También es fundamental trabajar en equipo (áreas y personas) y considerar todas las opciones de mejora que permitan optimizar los procesos y llevarlos a su máxima capacidad.

Esta herramienta se debe utilizar periódicamente para todos los planes (Largo Plazo-Mediano Plazo-Corto Plazo), y las fallas no planificadas (riesgos del plan) deben disminuir debido a la incorporación de planes de acción. De esta forma, la producción

pactada en la entrega del plan, no debe generar una desviación esperada no superior al 5% de PFA, debido a la ejecución de todos los planes de acción para evitar riesgos.

5. ALCANCES

El alcance de esta metodología planteada, aunque su foco es la Planificación de la Producción de mediano plazo, no es exclusivo para la industria minería; es también aplicable, a planes mineros de corto, largo plazo, planes estratégicos, proyectos y a toda actividad que requiere una planificación para establecer objetivos y metas.

6. MARCO TEÓRICO

Dentro del marco teórico de esta tesis, es importante que debemos considerar los tres factores claves para el éxito de esta metodología de trabajo que son: *El Plan de Producción; el Mercado Mundial del Cobre; y Las Probabilidades y Estadísticas;*

Aunque debemos reconocer que existen otros múltiples factores que pueden afectar los resultados de los planes mineros, como son los ambientales, legislativos, fuerza laboral, precio del cobre y muchos más, sería muy difícil intentar abordar todos los actores que influyen en un plan minero, solo abordaremos los tres principales para tener en contexto en forma global como podemos abordar dicho plan.

Como se mencionó, para este estudio el foco y el análisis se centrarán en tres factores claves, los cuales se consideraron relevantes en el éxito de un Plan de Producción, y que se conjugan entre sí, por lo que debemos examinar en forma particular, de forma de comprender como influyen en la certeza del plan minero y cuáles son sus alcances.

1. El primero de ellos, es el Plan de Producción propiamente como tal, donde revisaremos sus alcances, objetivos y en el cuál, entre sus entregables esta definir las metas que existen según los recursos disponibles.
2. El segundo de ellos está en relación a la condición de las Variables que hoy afectan el Mercado del Cobre, su Productividad y su Competitividad.
3. En tercer lugar, debemos identificar como incorporar las herramientas de Estadísticas y las Probabilidades de ocurrencia de los distintos eventos, ya sean

que estén identificados dentro del plan, o de eventos anexos que podrían ocurrir y afectar dicho plan.

En el mercado actual de la industria minera, no son solo los factores internos los que gobiernan los planes de Producción, también lo son los factores externos. Es por esto, que es importante mencionar cual es el estatus del mercado mundial del cobre, comprender que estamos en un mercado cada día más competitivo, donde la productividad es una de las principales herramientas para destacar en este mercado tan competitivo

Expresado lo anterior, se realizará un análisis detallado de cada una de estas variables mencionadas, con el objetivo de comprender a cabalidad como afectan a la metodología que se desea implementar.

6.1. Plan de Producción

Todas las empresas, y en particular las compañías mineras, en función de maximizar el retorno y conocer cuáles son los resultados esperados según los recursos existentes, deben tener una meta establecida por los planes de producción.

La planificación se puede definir como un proceso metódico, con una ejecución estructurada, con el fin el obtener un objetivo determinado La planificación en un sentido un poco más amplio, podría tener más de un objetivo, de forma que una misma planificación podría dar, mediante la ejecución de varias tareas iguales, o complementarias, una serie de objetivos los cuales se alinean en las distintas áreas que van con un objetivo final y común. Cuanto mayor sea el grado de planificación, más fácil será obtener los resultados esperados

De manera complementaria, podemos decir que la planificación es un proceso mediante el cual las personas establecen una serie de pasos y parámetros a seguir antes del inicio de un proyecto, con el fin de obtener los mejores resultados posibles. Cabe destacar e insistir que debe realizarse de forma metódica, estructurada y organizada de una manera ampliada con diferentes actividades y pasos a seguir, conciliando fechas de entrega y distribuyendo las tareas según los horizontes de realización.

Los horizontes de la planificación tienen relación a la escala de tiempo que tiene cada uno de los componentes de la producción minera. Estos horizontes son:

- **Estratégicas:** Se refieren a la elección de los métodos de explotación, capacidad mina y de procesamiento y, en general las estimaciones de reservas mineras. El principal

objetivo de la planificación estratégica es sincronizar el *mercado mundial del cobre* con los recursos disponibles, y la misión de la compañía.

- **Tácticas:** Corresponden a la especificación de los procesos a realizar a lo largo de la vida de la mina, como los programas de Producción de Largo Plazo y los modelos de programación para la utilización de equipos y plantas de procesamiento. La planificación táctica o conceptual determina la forma de alcanzar el objetivo establecido previamente por la planificación estratégica. Su resultado es el plan minero, que define el cómo y el cuándo se extraerán los recursos, estableciendo los recursos humanos y materiales a utilizar.

- **Operativas:** Se realizan con frecuencia diaria, o semanal, por ejemplo, dirección de despacho de un camión. Dentro de la planificación operativa se incluyen los procesos e índices operativos resultantes del plan minero. Es aquí cuando se produce la retroalimentación con la planificación conceptual.

Cada uno de estos procesos presenta la misma estructura de planificación

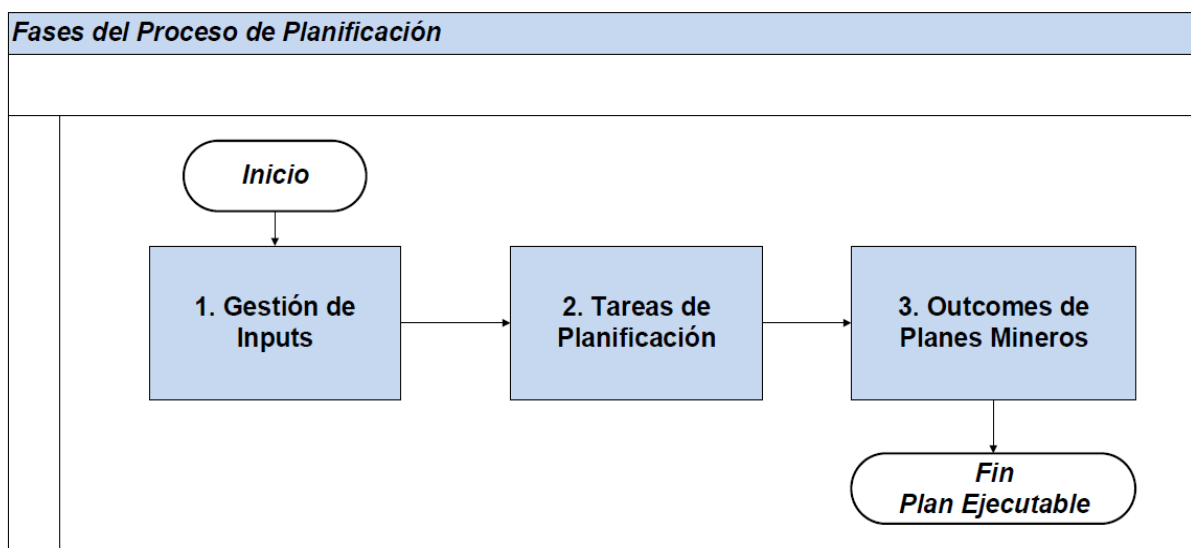


Tabla 1 “Secuencia general de un Plan de Producción”

(Fuente: Play Book de Planificación de BHP)

En función del nivel de precisión de los datos y de la escala espacial de los períodos de duración del plan minero, este se descompone en diferentes horizontes de planificación de la producción, los cuales constituyen una herramienta para tratar la incertidumbre dentro del proceso minero. Estos son Planificación de Largo, Mediano y Corto Plazo, las cuales entregaremos las definiciones a continuación para comprender su alcance:

6.1.1. Largo Plazo.

La planificación de largo plazo define una envolvente económica en función de las reservas mineras disponibles, sobre la cual se trabajará para establecer un Plan de Producción a lo largo de la vida del proyecto, estableciendo el tamaño de la mina, el método de explotación el perfil de leyes de corte, método de procesamiento de los minerales, capacidad de producción, secuencias de explotación y de campañas de producción. Se Incorpora variables más bien promedio y generales, debido a que el tamaño del Plan a resolver, no permite un mayor nivel de detalle, considerando las variables utilizadas en la conformación del Plan.

6.1.2. Mediano Plazo.

La planificación de mediano plazo, por lo general, abarca un horizonte de tiempo bianual, anual y mensual, genera planes de producción orientados a obtener las metas establecidas en el corto plazo y definidas en el largo plazo. Permite asegurar el presupuesto de operaciones y retroalimentar la planificación de largo plazo, como dar lineamientos al corto plazo.

6.1.3. Planificación de Corto Plazo

El horizonte de tiempo de esta planificación es diario, semanal y mensual. Es en esta instancia de planificación donde se debe analizar los recursos utilizados en la operación. Debe recopilar la información operacional de modo de retroalimentar la planificación de mediano plazo.

Los esfuerzos que se realizan a fin de cumplir objetivos y hacer realidad diversos propósitos se enmarcan dentro de un horizonte de planificación. Este proceso exige respetar una serie de pasos que se fijan en un primer momento, para lo cual aquellos que elaboran una planificación emplean diferentes herramientas y secuencia metodológica de actividades.

La planificación supone trabajar en una misma línea desde el comienzo del proyecto, ya que se requieren múltiples acciones cuando se organiza cada uno de los proyectos. Su primer paso, es trazar el plan maestro que luego será concretado. En otras palabras, la planificación es un método que permite ejecutar planes de forma directa, los cuales serán realizados y supervisados en función de lo establecido como objetivos y resultados de dicho plan.

El Plan de Producción debe tener como propósito definir claramente la secuencia, temporalidad, oportunidad, riesgos y recursos requeridos para cumplir con los objetivos estratégicos de largo plazo de la organización. Es imperativo que todos los integrantes del equipo de Planificación (Largo-Mediano-Corto Plazo), apliquen este propósito al tomar decisiones cotidianas que impactan el plan, es decir, qué insumos usar, qué recursos planificar y qué acciones se deben implementar para apalancar los objetivos de largo plazo.

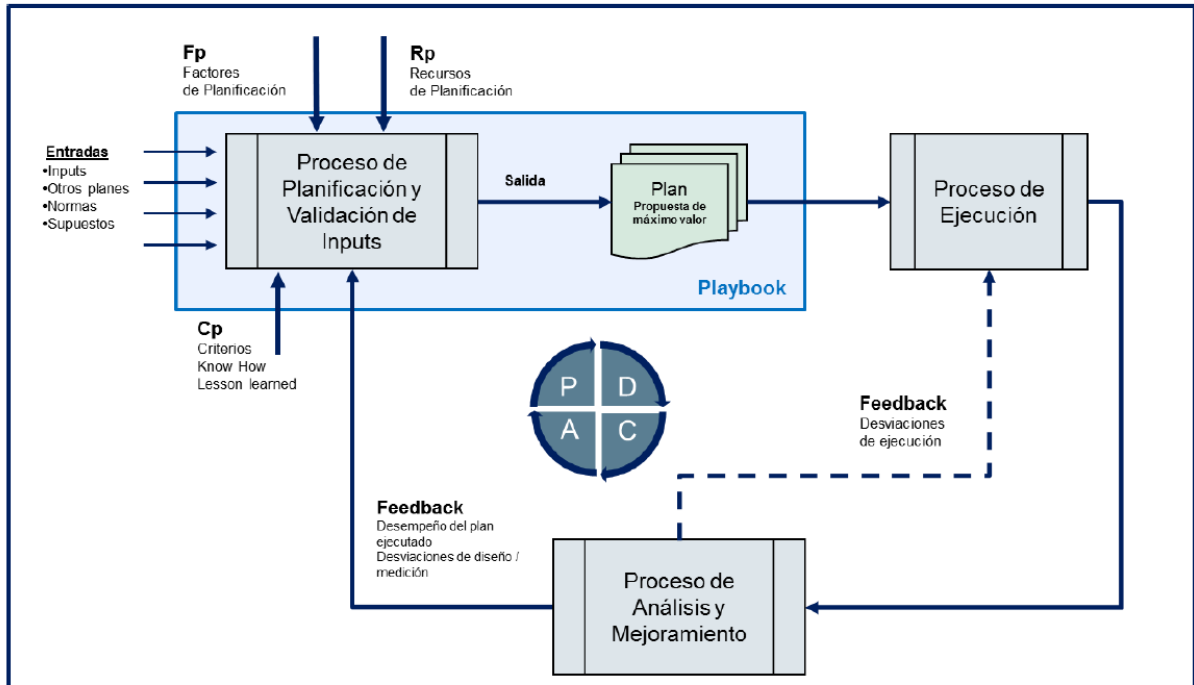


Tabla 2 “Ciclo de Planificación de Producción”

(Fuente: Play Book de Planificación de BHP)

6.1.4. Horizontes de Planificación en Minera Spence S.A

Los distintos niveles de Planificación que se utilizan en la industria mineras son aplicados también en Minera Spence, y de forma de ser más explícitos de cómo se asocian estos horizontes de planificación a Spence se establecen las siguientes definiciones.

La planificación de **Largo Plazo**, tiene como horizonte desde los 2 años hasta la vida total del proyecto. La planificación de la producción de **Mediano y Corto plazo** tiene como objetivo generar y comunicar a la operación los planes mineros (< 2 años), diseños, modelos, calendarios y proyección de cumplimiento de dicho plan, de forma que las actividades de producción y logística se lleven a cabo de manera segura, productiva y rentable, con el fin de cumplir con los objetivos de la organización.

Como contexto, en la figura la Tabla 3 se visualizan los tres macro niveles de planificación:

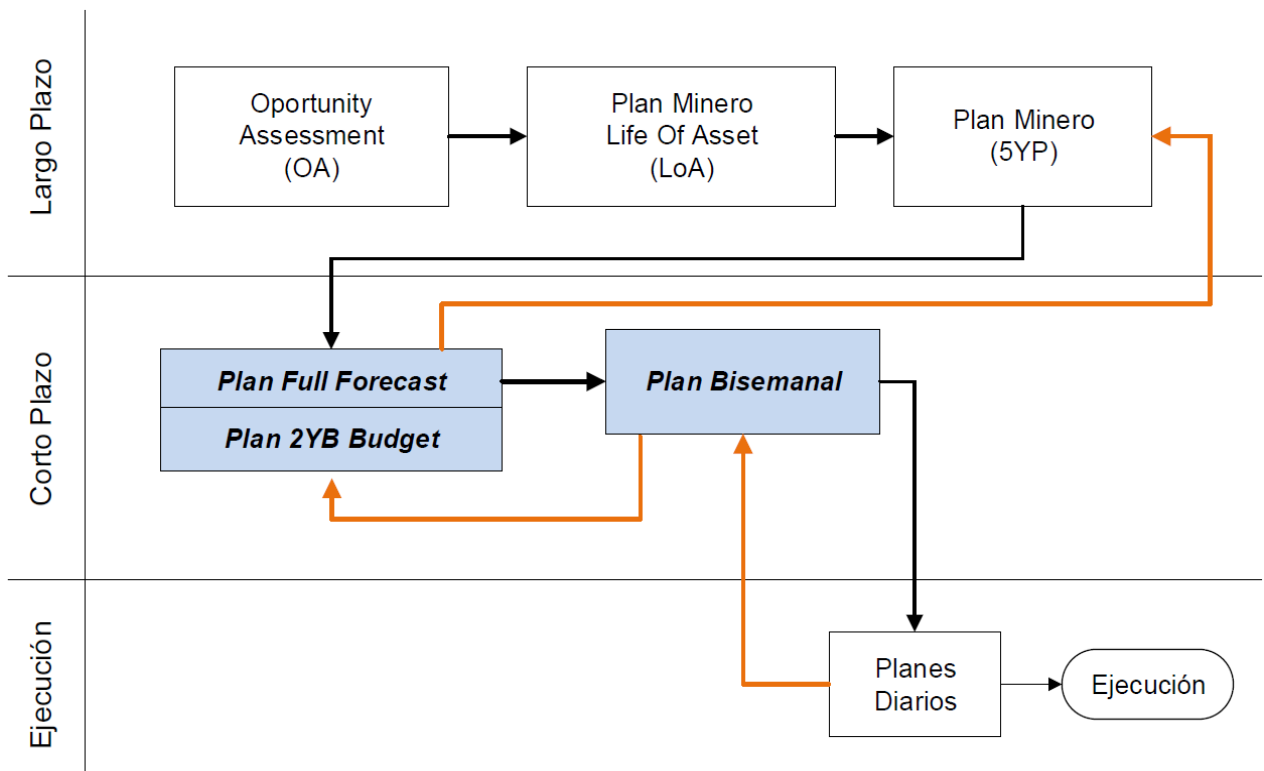


Tabla 3 “Horizontes de Planificación en Spence”

(Fuente: Procedimiento de Planificación Pampa Norte)

- Largo Plazo: Opportunity Assessment (OA), Life of Asset (LoA), Plan de 5 años (5YP).
- Mediano/Corto Plazo: Full Forecast, Budget de 2 años (2YB), Plan Bisemanal
- Ejecución: Planes diarios.

El proceso de planificación debe facilitar la interacción y la retroalimentación entre los planes adyacentes y subsecuentes, permitiendo que tanto las iniciativas de mejoras y condiciones operativas sean incorporadas en los planes de nivel superior/inferior de forma inmediata, en todos los horizontes de planificación, de esta forma, las unidades de planificación corto plazo deberán emitir los Planes de Producción siguiendo estas pautas en cuanto a horizonte, frecuencia y granularidad.

Para un mejor entendimiento del proceso en minera Spence, se muestra el calendario de emisión de cada Full Forecast y su relación con el ciclo (LoA y 5YP), se presenta la siguiente tabla:

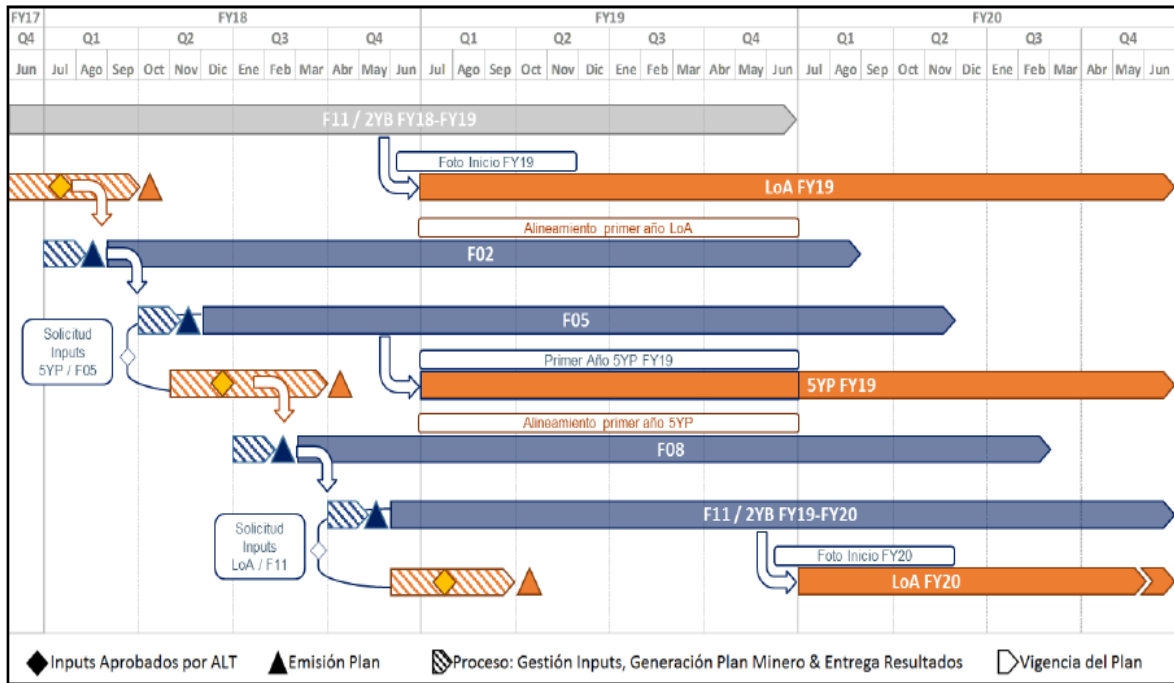


Tabla 4 “Planes de producción en distintos horizontes”

(Fuente: Procedimiento de Planificación Pampa Norte)

6.1.5. Etapas del Proceso de Planificación

La planificación de la producción presenta varios elementos y etapas que permiten que su ejecución se realice de manera sistemática y metódica, ellos son:

6.1.5.1. Diseño.

En el diseño se considera el conjunto de actividades que se realizan con el fin de elaborar las geometrías a ser extraídas, capacidades de la planta, secuencias de apilamiento, capacidades de la nave EW y SX en el horizonte de planificación en el cual se enmarca el Plan de Producción. Estos diseños se elaboran considerando las directrices de producción de largo plazo, las condiciones operacionales, los recursos geológicos, las condiciones geomecánicas, la infraestructura y cualquier otra información que afecte el tamaño y forma de los avances físicos factibles de extraer. Entre estas actividades se encuentran: actualización de topografías, diseño de accesos, diseño y definición de polígonos de extracción, diseño de altura de pilas, entre otros.

6.1.5.2. Construcción del Plan de Producción.

Se refiere a la programación de las actividades de Mina, Chancado, Apilamiento, Ripios, Lixiviación, SX/EW y Producción de Cátodos, a la definición del destino de los materiales, a la asignación en términos de cantidad y calidad de los flujos que alimentan a los procesos de tratamiento de minerales y la estimación de producción de metal o producto final asociada a dichos procesos. En esta actividad se conjugan los aspectos operacionales relacionados, materiales e infraestructura disponible, es decir, la integración de información productiva de distintas fuentes involucradas en el proceso y su programación global, así como la retroalimentación generada a partir de los planes ya ejecutados.

6.1.5.3. Reportes de los Planes de Producción

Se refiere a la elaboración de los entregables que se generan a partir de los puntos anteriores y que tiene por finalidad informar a las diferentes áreas de interés (Stakeholders) acerca del desempeño propuesto de la compañía. En esta instancia se generan, con el fin de informar a los respectivos stakeholders: hitos relevantes, indicadores de desempeño claves (KPI's por sus siglas en inglés), compromisos, metas de producción, análisis de robustez, riesgos y planes de acción o contingencia asociados, cumplimiento del Plan de Producción en cada una de sus etapas actual y proyectado, así como los elementos físicos y cualitativos que describen las características de los flujos de materiales que componen el Plan. Dichos reportes deben satisfacer los requerimientos de los usuarios que utilizarán esta información en procesos subsecuentes.

6.1.5.4. Conciliación y Cumplimiento de Planes de Producción

La conciliación o Cumplimiento del plan de producción se refiere a la medición y representación gráfica de la adherencia del plan respecto a los resultados reales y/o al plan de nivel superior inmediato en función de los KPI's definidos por la compañía. En este punto se definen indicadores de manera de medir el cumplimiento actual y proyectado de los KPI's. La información generada en esta etapa será utilizada como base para definir el lineamiento estratégico de los planes Full Forecast y como un indicador para gatillar la necesidad de generar un plan Full Forecast adicional a los establecidos en el calendario oficial, debido a cambios gravitantes en la ejecución del plan

6.1.5.5. Entregables del Proceso de Planificación

El entregable del proceso de planificación deberá ser la propuesta de máximo valor factible de realizar, dentro de la temporalidad del plan y alineado con su plan superior.

Los planes de producción requieren distintos tipos de reportes, que dependiendo de su uso deben ser emitidos en formatos estándares acordados con los stakeholders.

6.1.5.6. Herramientas de Gestión para el Proceso de Planificación

Para apoyar a los procesos de planificación en cuanto a roles, reuniones y transferencias, es necesario que se identifique e implemente al menos los siguientes elementos estándares preestablecidos:

- Reuniones, Participantes y Roles En todo proceso de planificación existen reuniones de distinto tipo para comunicar, acordar y/o aprobar aspectos propios de la planificación. Para asegurar una forma efectiva de realizarlas, cada actividad generará un registro de cuáles son las reuniones de cada plan, quiénes participan y en qué actividades están involucrados, en concordancia con las responsabilidades funcionales establecidas.

	REUNIONES, ENTREGABLES Y PARTICIPANTES	Participante 1	Participante 2	Participante 3		Participante n
Plan i	Reunión de Inicio					
	Identificación y resolución de situaciones particulares					
	Presentación del Plan a Gerentes de área					
	Presentación del Plan a Aprobador Final					
	Publicación del Plan					
	Carga 1SAP					
	Otras					
	Reunión					
	Reportes/Entregables					

Tabla 5 “Participantes y Roles”

(Fuente: GLD Planificación BHP)

- Interfaces Las interfaces son una representación visual dentro del mapa de proceso de todos aquellos puntos en que el proceso requiere inputs o interacción desde o con otras áreas diferentes a la que desarrolla la actividad de Planificación de la Producción.

Las interfaces son claves para el subproceso de gestión de inputs y de entregables. Se recomienda que cada área identifique y establezca las interfaces claves que pueda necesitar en las actividades de desarrollo del plan.

Las interfaces permiten diagnosticar donde se pueden eliminar cuellos de botella, simplificar el proceso o detectar la ausencia de algún input o información. Ayuda a las personas y los equipos a un mejor entendimiento, no sólo de su rol, sino de las interdependencias, interacciones dinámicas y dentro de la organización general

En la matriz de interfaces es clave identificar los inputs y entregables de cada una de las áreas, las personas involucradas en el traspaso de información y sus responsabilidades. Se debe tener especial cuidado en limitar los inputs a aquellos que son realmente necesarios para la interface (evitar repeticiones y re-trabajo).

Las interfaces requieren 3 elementos de apoyo:

- i. Un formato único para inputs y para entregables (específico para cada interface).
- ii. Roles asociados a los elementos de la interface a través de una matriz RACI (Responsable, Aprobador, Consultado, Informado), asegurando que todas las responsabilidades funcionales estén cubiertas
- iii. El documento que establece los compromisos compartidos entre los stakeholders de la interface

Mapa de Interfaces

MATRIZ DE INTERFASES		PLAN:				Asset	
INTERFASE	Propósito	Equipos Involucrados	Input Requeridos	Rol Responsable del Input	Output Requerido	Aprobado por:	
						Rol Responsable del Output	Comentarios
A							
B							
C							
D							

Tabla 6 “Interfaces del Plan de Producción”

(Fuente: GLD Planificación BHP)

- Herramientas de Planificación Las herramientas computacionales oficiales que se utilizan en la elaboración de los Planes de Producción, deben ser establecidas y validadas para su uso por las distintas áreas de planificación, según su horizonte, y recopiladas en un documento formal registrado. Cambios en esta definición serán debidamente estudiados, aprobados y comunicados por los canales de la organización y serán entonces actualizados en el registro documental correspondiente de cada área.

Para realizar los mencionados cambios de herramientas de planificación, cada Área de Planificación debe establecer e implementar una metodología de verificación, que asegure la integridad, repetitividad, confiabilidad y el carácter auditable para los resultados obtenidos. En este contexto, se deberá dejar registro (accesible y trazable) con los resultados que soportan el cambio.

6.1.6. Identificación y manejo de alternativas técnicas

Con los inputs validados, el área de Planificación deberá identificar si existen situaciones particulares, de riesgo y/o restricciones operacionales; sobre las cuales se acordará con las áreas involucradas, la forma de enfrentarlas, quedando reflejados estos acuerdos en el plan.

En esta etapa de la planificación, cobra especial importancia la consideración de las condiciones de riesgo operacional, para equipos y personas, en el horizonte correspondiente. Cuando se requiera cambiar un input posterior a la instancia de aprobación, éste deberá ser validado y aprobado con el mismo nivel de jerarquía con que se valida en la primera instancia. Se deberá dejar registro de dichos cambios. Cuando se ha generado un acuerdo respecto de estos temas, se procede con la construcción del primer plan minero formal para revisión.

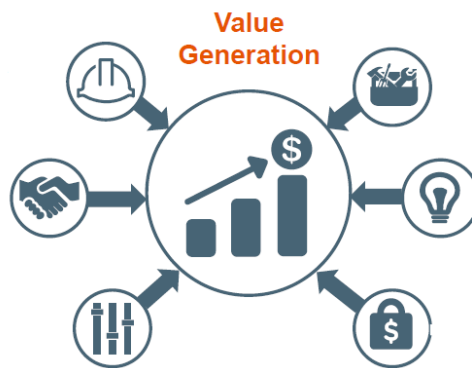


Imagen 3 “Distintas áreas que están asociadas a la entrega de valor”

(Fuente: Elaboración Propia)

6.2. Mercado del Cobre

Otra variable, gravitante para comprender la industria minera, está en relación del mercado mundial (y no local) en que se mueve y como ya habíamos mencionado es referente al mercado del cobre, su productividad y la competitividad que hoy presenta, donde la ejecución de planes más predecible y con mayor control, nos deje en una condición favorables para las variaciones que este mercado del cobre pueda generar

6.2.1. Precio del cobre

La Hipótesis del Súper Ciclo de los precios del cobre, comúnmente aceptada en el sector, sugiere que la caída en la minería se debe a la reacción de las compañías al ciclo de precios, y propone que el salto en el precio del cobre entre 2003 y 2011 hizo rentable priorizar la producción por sobre otros criterios, como costos y eficiencia. En este contexto de precios elevados pero pasajeros, y considerando lo intensivo en capital del sector, y lo extenso que resultan ser los periodos de marcha blanca, las estrategias operacionales se focalizaron en ajustes de corto/mediano plazo que no necesariamente son los óptimos en un horizonte mayor de tiempo.



Gráfico 3 "Gráfico del Precio del cobre 1990 a 2018"

(Fuente: Cochilco)

6.2.2. La industria del Cobre

La minería genera el 45% del PBI mundial, directamente o a través del uso de productos que facilita a otras industrias. Esto es así porque los ingresos que genera la industria minera contribuyen con el 11,5% del PBI global, los servicios a la minería con el 21 a 23% y los fertilizantes para agricultura, el fuel para transporte y los materiales para la construcción, combinados, llevan a que la contribución supere el 45%. (Fuente Minería Chilena)

Los productos minerales siguen siendo, parte indispensable de todos los bienes que la humanidad necesita para vivir y desarrollarse. Por ejemplo, un celular común posee en su interior más de 160 minerales, incluyendo oro, plata, mica, talco, sílice, carbonato cálcico, caolín, trona, cromo, níquel, molibdeno, vanadio, cobalto, wollastonita y arcillas; y también incide directamente en la producción de bienes tan dispares como alimentos –a través de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas–, bienes culturales –pinturas, tintas, ingredientes de papel, computadoras, herramientas de todo tipo, sistemas de audio y video–, indumentaria, insumos y equipamiento para la salud, utensilios del hogar y hasta la mayoría de los productos para nuestras mascotas, desde componentes de alimentos balanceados hasta collares, vacunas y juguetes.

Otro ejemplo es el automóvil promedio, que contiene una tonelada de hierro, 100 kg de aluminio y 19 kg de cobre, y el modelo híbrido, más ecológico, necesita el doble de cobre, casi 34 kilos. Y dos ejemplos más: una turbina que produce 2 MW de energía eléctrica, tiene más de 300 toneladas de acero, 5 de cobre, 3 de aluminio y requiere el uso de 1.200 toneladas de concreto, para el que se necesitan cal y piedras; las lámparas de bajo consumo necesitan bauxita, plomo, cobre, caliza, níquel y fósforo. Y así podrían enumerarse incontables elementos que en la actualidad consideramos de uso diario.

Los tres minerales de mayor demanda global se producen, en mayor o menor medida, en Latinoamérica: ellos son el carbón, el cobre y el mineral de hierro. La minería es una gran generadora de demanda laboral intensiva y proveedores locales, y su impacto en el mercado laboral es enorme; también lo es en la actividad económica local, impulsando la multiplicación de proveedores de la enorme diversidad de bienes y servicios que requiere; en la educación, motorizando la formación de profesionales; y por sobre todo en las comunidades, generando desarrollo y un mejor futuro.

6.2.3. La Minería del Cobre en Chile

La minería del cobre es una de las principales actividades productivas del país. En Chile se realizan minería metálica y no metálica; en la metálica destacan el cobre, el oro, la plata, el zinc y el plomo. Existen yacimientos polimetálicos, que permiten producir cobre y otros minerales como subproducto.

Chile es una potencia minera, el sector es fundamental para el desarrollo económico y social del país, a nivel de aporte al PIB, exportaciones, ingreso fiscal, destino de inversiones extranjeras, y otros. Considerando el nivel de inversión acumulado, tanto en capital físico como humano, y las condiciones naturales del país, es evidente que en el futuro la minería seguirá siendo un sector muy relevante en la economía. Con cerca de un tercio de las reservas mundiales de cobre, Chile posee condiciones geológicas privilegiadas para atraer inversiones, pero debe contar con los mecanismos institucionales para evaluarlas adecuadamente. El sector depende del desarrollo de

grandes proyectos de inversión, sean expansiones de operaciones existentes o nuevas operaciones, los que a su vez se desarrollan dentro de un marco institucional. Con elevados estándares ambientales, sociales y económicos en conjunto con procesos eficientes y coordinados, reglas claras y baja incertidumbre, la industria minera puede ser un gran actor en el desarrollo del país. Ello requiere de mayor eficiencia en la gestión, para ganar productividad y disminuir costos



Tabla 7 “La tabla muestra que el 43% del PIB está relacionado con la Minería y su dependencia”

(Fuente: www.miningpress.com)

6.3. Probabilidades y Estadísticas

El tercer factor que revisaremos en este estudio son las estadísticas ya que las variables relevantes para la planificación no son determinísticas, por lo que las probabilidades de ocurrencia de las distintas variables que afectan a la minería y a sus planes de producción son importantes en la toma de decisiones.

La probabilidad es una medida de la certidumbre asociada a un suceso o evento futuro y suele expresarse como un número entre 0 y 1 (o entre 0 % y 100 %).

Una manera estimar algunas probabilidades sería obtener la estadística de un evento determinado mediante sus valores reales o aleatorios, de los que se pueden inferir todos los resultados posibles y probables, en condiciones “normales”. Un suceso puede ser improbable (con probabilidad cercana a cero), probable (probabilidad intermedia) o seguro (con probabilidad uno).

La teoría de la probabilidad se usa extensamente en áreas como la estadística, la física, la matemática, las ciencias, la administración, contaduría, economía y la filosofía para sacar conclusiones sobre la probabilidad discreta de sucesos potenciales

La teoría de las probabilidades es una de las técnicas más usada para cuantificar riesgos e incertidumbres, de este modo, existe una razón muy importante que nos permite augurar que las probabilidades permanecerán siendo la base de cuantificación de los riesgos y oportunidades en minería y otras industrias, se considera que si contamos con una variada cantidad de supuestos, que parecen con una gran posibilidad de ocurrencia es posible encontrar una probabilidad asociada a cada evento, de forma que además éstas cumplan con los todos los supuestos de los requerimientos de la industria.

6.3.1. Probabilidades objetivas y subjetivas

Para la metodología, es importante comprender la cuantificación de un riesgo a través de las probabilidades, que generalmente consiste en realizar un análisis estadístico para determinar el histograma de frecuencia, y a partir de éste estimar, de alguna forma, la distribución de probabilidades y parámetros del proceso aleatorio que está detrás de dicha incertidumbre.

Este método objetivo de cuantificación, es decir, que no depende del juicio de quien lo lleva a cabo, sino que simplemente de la evidencia histórica de los hechos, es referido en la teoría de las probabilidades como probabilidad objetiva.

Pese a que se suele asociar el estudio de las probabilidades objetivas a aquellas incertidumbres aleatorias, lo cierto es que en minería también se utilizan para llevar a cabo cuantificaciones de riesgos y oportunidad. Un claro ejemplo de esto es la geoestadística, que busca obtener probabilidades objetivas acerca de la ley de mineral en un bloque cualquiera a partir de una muestra de leyes tomadas a cierta distancia de dicho bloque, en una campaña de sondajes

Lo anterior nos lleva a la definición de un segundo conjunto de probabilidades que, a diferencia de las probabilidades objetivas, están basadas en criterios de experiencias y juicios expertos. Este método es especialmente relevante para la incertidumbre cuyo origen es de racionalidad aplicada al conocimiento, experiencia, justificación y opinión fundada. Desde el punto de vista técnico se llama a esta probabilidad subjetiva, y su interpretación debe darse en el sentido de que mide el estado actual de conocimiento al momento en que se evalúan las probabilidades.

La diferencia fundamental entre la probabilidad subjetiva y la objetiva radica en que mientras la última es independiente de quién realiza la estimación la primera no lo es. Sin embargo, no debe confundirse una probabilidad subjetiva con una estimación arbitraria. La clave está en que las probabilidades subjetivas deben ser consistentes con los axiomas de la teoría de la probabilidad.

De esta forma las probabilidades subjetivas deben seguir los mismos axiomas que las probabilidades objetivas, de lo contrario no pueden ser consideradas como probabilidades, por definición

El mensaje es que la probabilidad, debe ser considerada como un “grado subjetivo de creencia en una proposición”. Aunque la certeza en el número matemático, que entrega las probabilidades subjetivas, sean claramente demostrada, lo preciso, es que incluso con la demostración, es importante advertir el poder de llevar a cabo evaluaciones con creencias y juicios de expertos, con un cierto grado de sesgo en los resultados. Esto es muy importante en minería. De lo contrario, no podríamos evaluar la probabilidad de que se produzca un asentamiento en el botadero de ripios para la cual no existe conocimiento geotécnico acabado, O, no podríamos determinar la probabilidad de que se genere un evento para el cual no existen estadísticas suficientes, o son de origen externos

De igual forma, las estimaciones subjetivas deben verse como una oportunidad en minería, pues permiten utilizar el mejor juicio de la gente experta en tareas de planificación y evaluación de actividades en procesos productivos. Es importante considerar que, si bien el grupo de evaluación de expertos, puede realizar el proceso de cuantificación, y en ocasiones cuando tenga expertos internos un alto grado de experiencia podrá apoyar el proceso de generación de probabilidades, más que presentando la metodología a quienes tienen la experiencia y conocimiento necesarios para la toma de decisiones

6.3.2. Cuantificación de las Riesgos y Oportunidades

Para la cuantificación de las incertidumbres, es importante conocer los datos históricos o pronósticos ya realizados, revisar bases de datos y ejercicio anteriores, y aunque la respuesta sea positiva no implica que los datos estén en una base de datos de fácil acceso, o lo suficientemente bien cargada para realizar el análisis de los datos.

Se debe en primera instancia recolectar y procesar los datos que puedan ser útiles para los análisis futuros. Esta recolección puede ser uno de terreno, en el cual se realiza un muestreo y registro de nuevos datos asociados a los riesgos que se desea revisar. También puede ser uno de búsqueda y orden de datos ya generados, pero que se encuentran dispersos o simplemente en formato no electrónico, lo que dificulta las actividades siguientes del proceso.

Con los datos procesados, si éstos cuentan con un alto grado de información, si el equipo experto considera que son válidos y que pueden ser usados como la mejor guía

disponible para modelar los R&O, entonces se seguirá con la etapa de análisis estadístico. Ésta parte del proceso, se realiza de formas mecánica de todo el ejercicio de cuantificación de riesgos, pero también ocurre, que, en la práctica, no siempre se realiza de forma apropiada al interior de las empresas mineras, por la baja aplicación de herramientas estadísticas

Si esta base de datos, no presenta una nula correlación estadística, el ajuste se realiza en función de una distribución de probabilidades a través de un test de bondad de ajuste. El test es para comparar la verdadera frecuencia de los datos obtenidos, con aquellos que debieran verse teóricamente, en el caso de que alguna distribución de probabilidades pudiera ser considerada como relación de dichos datos. Podría no existir una buena razón para ajustar una distribución de probabilidades, existen distintos test y programas estadísticos que permiten probar un conjunto de distribuciones de probabilidades y buscar entre ellas cuál o cuáles podrían ser las potenciales generadoras de los datos.

A simple vista puede parecer que la cuantificación de incertidumbres es siempre posible pese a que efectivamente en la mayoría de los casos en minería será posible derivar una distribución de probabilidades para describir una R&O, en algunos casos esto no es posible debido a que no necesariamente existe un proceso probabilístico asociado a la incertidumbre. Esto es algo que el equipo experto y en especial el equipo de análisis y mejoramiento, asignado a la cuantificación de incertidumbres debe tener en consideración.

Las probabilidades y las estadísticas son una herramienta fundamental para la gestión de Input como para el proceso de Riesgos y Oportunidades, que nos permite inferir en primera instancia el comportamiento de las distintas variables, para esto debemos someter estas variables a una metodología numérica, una comprobación para conocer su comportamiento estadístico.

6.3.3. Distribuciones de probabilidad continuas y discretas

Dentro de las variables que podemos encontrar en las distribuciones de probabilidad son las cuantitativas y que pueden clasificarse como discretas o continuas.

- **Variable categórica:** Las variables categóricas contienen un número finito de categorías o grupos distintos. Los datos categóricos pueden no tener un orden lógico.

- **Variable discreta:** Las variables discretas son variables numéricas que tienen un número contable de valores entre dos valores cualesquiera. Una variable discreta siempre es numérica.
- **Variable continua:** Las variables continuas son variables numéricas que tienen un número infinito de valores entre dos valores cualesquiera. Una variable continua puede ser numérica o de fecha/hora.

Estas variables, dan origen a las distribuciones de probabilidad, que son distribuciones de probabilidad continuas o distribuciones de probabilidad discretas, dependiendo de si definen probabilidades para variables continuas o discretas.

- Distribución continua Una distribución continua describe las probabilidades de los posibles valores de una variable aleatoria continua. Una variable aleatoria continua es una variable aleatoria con un conjunto de valores posibles (conocido como el rango) que es infinito y no se puede contar.

Las probabilidades de las variables aleatorias continuas (X) se definen como el área por debajo de la curva de su PDF. Por lo tanto, solo los rangos de valores pueden tener una probabilidad diferente de cero. La probabilidad de que una variable aleatoria continua equivalga a algún valor siempre es cero.

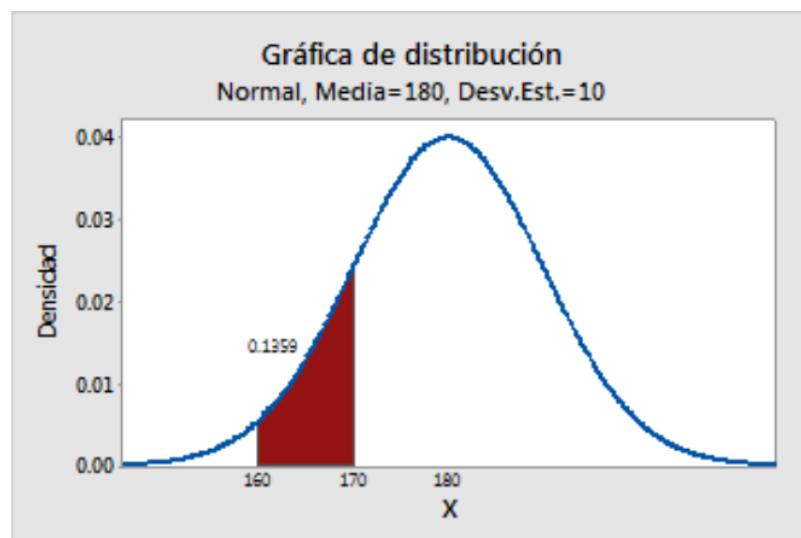


Gráfico 4 “Se indica un ejemplo de un gráfico de distribución continua”

(Fuente: Minitab, glosario de conceptos)

- ii. **Distribución discreta** Una distribución discreta describe la probabilidad de ocurrencia de cada valor de una variable aleatoria discreta. Una variable aleatoria discreta es una variable aleatoria que tiene valores contables, tales como una lista de enteros no negativos.

Con una distribución de probabilidad discreta, cada valor posible de la variable aleatoria discreta puede estar asociado con una probabilidad distinta de cero. Por lo tanto, una distribución de probabilidad discreta suele representarse en forma tabular.

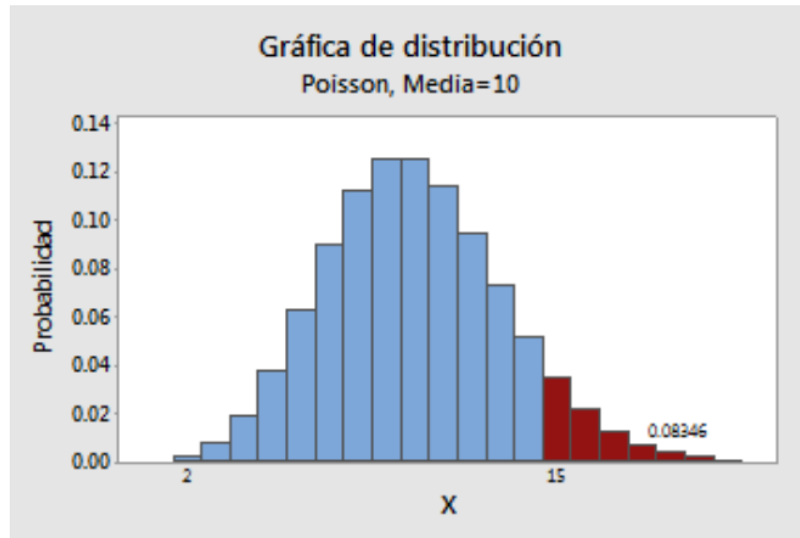


Gráfico 5 “Se indica un ejemplo de un gráfico de distribución discreta”

(Fuente: Minitab, glosario de conceptos)

6.3.4. Formas de evaluar una distribución de datos

Una vez que ya conocemos los tipos de distribuciones de datos, debemos considerar qué una recopilación de datos se puede distribuir o dispersar de muchas maneras diferentes. Por ejemplo, los datos que se obtienen al lanzar un dado pueden tener valores enteros aleatorios de 1 a 6. Los datos de un proceso de minería pueden estar centrados en un valor objetivo o pueden incluir valores de datos que están muy alejados del valor central.

Por lo anterior es posible que se puede evaluar una distribución de datos de distintas formas como por medio de gráficas, estadísticos descriptivos o comparación con una distribución teórica:

- i. **Gráficas** Las gráficas, al igual que los histogramas, pueden proveer instantáneamente información sobre la distribución de un conjunto de datos. Los histogramas pueden ayudarle a observar:
 - Si los datos se agrupan en torno a un valor individual o si los datos tienen múltiples picos o modas.
 - Si los datos están diseminados con poca densidad en un rango amplio o si los datos se encuentran dentro de un rango pequeño.
 - Si los datos son asimétricos o simétricos.
- ii. **Estadísticos Descriptivos** Los estadísticos descriptivos que describen la tendencia central (media, mediana) y la dispersión (varianza, desviación estándar) de los datos con valores numéricos agregan un nivel de detalle y se pueden utilizar para hacer comparaciones con otros conjuntos de datos.
- iii. **Distribuciones teóricas** Finalmente, se pueden identificar algunas distribuciones comunes y nos referimos a ellas por su nombre, como distribución normal, de Weibull y exponencial. La distribución normal, por ejemplo, siempre tiene forma de campana y es simétrica respecto a un valor medio.

6.3.5. Cálculo de probabilidades para diferentes distribuciones

Es posible calcular valores de probabilidad para las distintas funciones de distribución acumulada o las probabilidades acumuladas inversas de los datos, para la distribución que elija, que se detallan a continuación

- i. **Función de distribución de probabilidad (PDF)** indica regiones de mayores y menores probabilidades para los valores de la variable aleatoria. Por ejemplo, para una distribución normal, el valor más alto de la PDF se encuentra en la media, mientras que valores menores de la PDF se encuentran en las colas de la distribución. Para las distribuciones continuas, como la distribución normal, la PDF calcula la función de probabilidad continua (también conocida como función de densidad). Para distribuciones discretas (Bernoulli, binomial, geométrica, binomial negativa, hipergeométrica, discreta, de enteros y de Poisson), la PDF calcula la función de probabilidad discreta.
- ii. **Función de distribución acumulada (CDF)** calcula la probabilidad acumulada hasta el valor de la variable que usted especifique. Se utiliza la CDF para determinar la probabilidad de que un evento aleatorio que se tome de la población sea menor que o igual a cierto valor. Por ejemplo, una función de distribución acumulada puede mostrar la proporción de árboles en un bosque que tienen mediciones de diámetro de 10 pulgadas o menos.

- iii. **Función de distribución acumulada inversa (ICDF)** La función de distribución acumulada inversa (ICDF) provee el valor de la variable asociada con una probabilidad acumulada específica. Por ejemplo, un ingeniero de fiabilidad desea determinar el tiempo en el cual fallan proporciones específicas de componentes. El ingeniero puede utilizar la ICDF para determinar el percentil 95 de la distribución del tiempo de falla.

Entonces, para la probabilidad y la estadística, la distribución de probabilidad de una variable aleatoria, es una función que asigna a cada suceso definido sobre la variable la probabilidad de que dicho suceso ocurra. La distribución de probabilidad está definida sobre el conjunto de todos los sucesos y cada uno de los sucesos es el rango de valores de la variable aleatoria. También puede decirse que tiene una relación estrecha con las probabilidades de ocurrencia. De hecho, una distribución de probabilidades puede comprenderse como una probabilidad, ya que muestra cómo se espera que varíen los resultados.

La distribución de probabilidad está completamente especificada por la función de distribución, cuyo valor en cada x real es la probabilidad de que la variable aleatoria sea menor o igual que x .

6.3.6. Método de Montecarlo

El método de Montecarlo es un método de simulación que permite calcular estadísticamente el valor final de una secuencia de sucesos no deterministas (sujetos a variabilidad), como es el caso de la ocurrencia y probabilidad de éxito de un plan minero. Por la complejidad de esta tarea, esta simulación se realiza con alguno de los programas computacionales existentes en el mercado.

En la práctica este análisis consiste en ejecutar varias veces los diferentes sucesos variando aleatoriamente su valor de la función estadística que los define, dando como resultado un conjunto de valores finales. Este conjunto de valores permite calcular el valor medio y la variabilidad para el conjunto de resultados obtenidos.

Las estimaciones que hacemos durante la planificación, están sujetas a variabilidad. Esta variabilidad es intrínseca de las estimaciones realizadas, una determinada tarea no siempre es igual, como a los riesgos asumidos, los cuales tienen una determinada probabilidad de ocurrir y un impacto asociado.

Por ello no es conceptualmente correcto dar un valor determinado (exacto) para un plan minero, debido a que todas sus variables van a estar sujetos a variabilidad. Por el contrario, lo más correcto sería hablar de un valor medio y una variabilidad para los resultados de la producción de un plan de producción, los cuales pueden determinarse mediante el análisis de Montecarlo.

De esta forma el método de Montecarlo permite calcular el resultado de un plan, en base a un determinado grado de confianza, y así determinar en qué medida nuestra planificación es realista, alcanzable y si va a permitir conseguir los objetivos de la organización. Esto significa determinar en qué porcentaje de las simulaciones realizadas, los resultados del plan son menores a los objetivos establecidos en el plan de producción.

Si este porcentaje es menor al grado de confianza que la organización define como aceptable, podemos determinar que el plan no es factible, por lo que deberemos modificar este plan, o tendremos datos objetivos para defender delante del equipo ejecutivo, que una determinada restricción o petición no es asumible.

Si planificamos por el método de revisar los inputs, es usar este análisis para determinar el valor o probabilidad de éxitos del input y del conjunto ellos para el plan. Esto se realiza de la misma forma que con el proyecto completo, pero ejecutando el análisis en el grupo de tareas que queremos estudiar.

Una vez hemos completado la planificación, el análisis de Montecarlo sigue siendo útil para estudiar los efectos de los cambios o de las medidas sobre el Plan de Producción.

En todo plan de producción hay dos elementos que tienen un comportamiento no determinista:

- Los inputs. Las cuales tienen un valor medio y una variabilidad de acuerdo a una distribución estadística, que permite relacionar un determinado valor de plazo o costo a un porcentaje de representatividad.
- Los riesgos; sujetos a una probabilidad de ocurrencia y a un impacto. Si tenemos un riesgo con una probabilidad de ocurrencia del 15%, diremos que el 15% de las veces que se ejecute el proyecto, este va a estar sobre el valor esperado, y el 85% de las veces restantes no.

Teniendo definidas las distribuciones estadísticas de todas las tareas y riesgos, es posible calcular un valor estadístico determinado para cada input o riesgo mediante la generación de múltiples números aleatorios de 0 a 100, asemejando el número aleatorio

al porcentaje de representatividad del valor de la tarea, o a la probabilidad de ocurrencia del riesgo, esto permite calcular el resultado final del plan, para cada valor aleatorio.

Si repetimos este cálculo un número suficientemente alto de veces (sobre 1000 puede ser correcto), podemos obtener varios valores del resultado del plan; los cuales pueden representarse en un gráfico de Pareto mostrando el número de veces que ha aparecido en el análisis un determinado valor. A partir de este gráfico podemos acabar calculado la distribución estadística que sigue el proyecto en su conjunto, y por tanto determinar el porcentaje de las veces que este va a cumplir una determinada restricción.

A partir de aquí, el criterio para determinar si una planificación es factible, es mirar si el porcentaje de veces que se cumple la restricción es superior o inferior al margen de confianza definido por la organización. Si es inferior significa que la planificación no es factible, y que por tanto deberemos modificar esta hasta conseguir que lo sea, o acabar determinando que el proyecto no es posible con las restricciones impuestas.

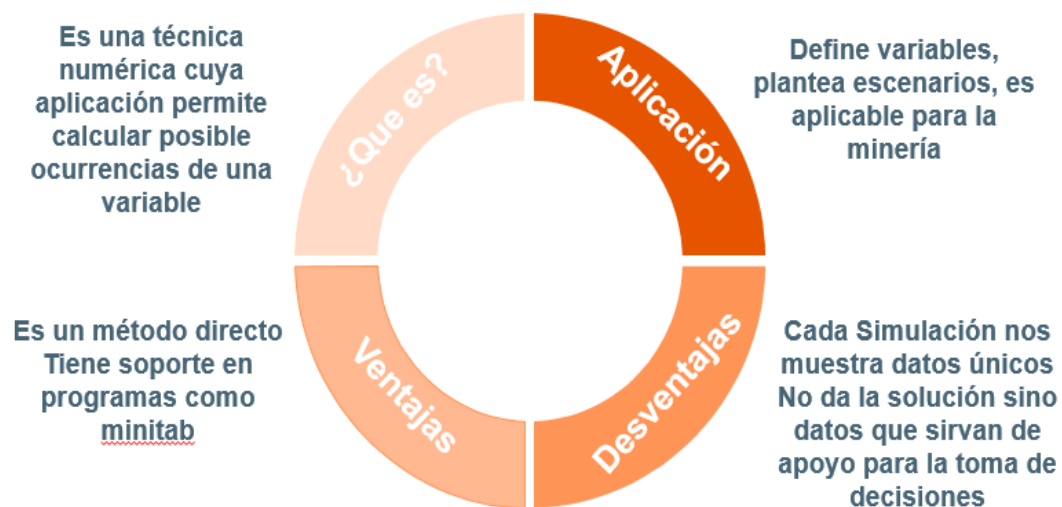


Imagen 4 “Modelo de simulación Montecarlo”

(Fuente: www.encyclopedia.com financiera)

6.3.7. Riesgos y oportunidades de los planes mineros

La necesidad de reconocer e implementar, una metodología, una herramienta que permita a la Planificación de la Producción, desarrollar un trabajo más confiable y más eficiente para la ejecución, se debe incorporar una metodología que incluya un proceso

de identificación y evaluación de Riesgos y Oportunidades, considerando que los riesgos pueden significar una pérdida potencial, debido a las fallas o deficiencias en la operación, así como en los controles o errores en el proceso.

La ocurrencia de alguno de estos eventos no planificados (Riesgos) pueden significar un efecto en cadena con otros elementos que finalmente, tienen su repercusión en el logro de los objetivos de la compañía. Aquí radica la importancia que tiene para la empresa la gestión de activos, para tratar eficientemente los riesgos como también las oportunidades, mejorando la capacidad de los recursos empleados y a su vez maximizando sus oportunidades.

Es vital identificar los riesgos y oportunidades que puedan afectar al Plan de Producción, y a los objetivos de la empresa, de esta forma permitirá definir las variables que puedan afectar a las distintas áreas, y también involucrarlas a que participen en la toma de medidas para eliminar o disminuir el impacto de estos en el plan.

Para lograr una buena identificación de los riesgos, se debe incorporar una herramienta y técnicas que puedan facilitar el trabajo. Se considerará que las decisiones se toman bajo certidumbre si el producto de dicha decisión es conocido con anterioridad, con todos los antecedentes, por quien evalúa y toma la decisión. De esta forma, el concepto de certidumbre está ineludiblemente ligado a un producto que se obtendrá en un tiempo futuro, el cual se caracteriza por ser perfectamente predecible. En minería si bien la mayoría de las decisiones no se realiza en un medio ambiente completamente cierto, estamos expuestos a eventualidades, pero estas deben estar minimizadas en la ejecución del plan.

Pese a que ninguna de estas decisiones puede ser considerada en estricto rigor como realizada en un contexto de absoluta certidumbre, lo cierto es que la experiencia (y en algunos casos la teoría) ha enseñado a quienes toman estas decisiones que la mejor forma de plantear el problema y resolverlo es como si éste se encontrara inserto en un medio ambiente predecible.

Por su parte, la incertidumbre se refiere precisamente a la carencia de certidumbre y a la imposibilidad de pronosticar de forma precisa las retribuciones futuras asociadas con el proyecto.

En minería, muchos de los parámetros de los Planes de producción son inciertos. En este sentido, ni los ingresos ni egresos que generará un Plan pueden ser conocidos a priori debido a que tanto los precios de los commodities minerales, como los costos de los insumos de producción, así como la misma producción, son todos inciertos en mayor o menor grado.

7. DESARROLLO DEL TRABAJO

La metodología para el proceso de evaluación de Riesgos y Oportunidades, dirigido a los Planes de producción en Spence considera cuatro etapas claves: Recolección, análisis y formalización de input; Elaboración de Planes de Producción; Análisis de Riesgos y Oportunidades; y control de Riesgos y Oportunidades. Cada paso se detalla a continuación:

7.1. Recolección, análisis y formalización de Input

En esta etapa del proceso, los equipos de análisis y mejoramiento, quien cuentan con la información de cada uno de las variable claves de la producción, entregan la mejor propuesta de input para la elaboración del Plan de Producción. Existe un estándar de entrega que se detalla a continuación:

7.1.1. Input, lineamientos y propósito de cada uno de ellos

Una vez identificadas las variables claves en cada paso de la cadena de valor, cada equipo de análisis y mejoramiento (A&I Mina/Planta), y quienes les corresponde entrega el input de cada operación unitaria, deben tener en consideración los siguientes puntos:

- **Alineamiento Estratégico** El primer input de todo plan es el lineamiento estratégico. En este contexto, un plan minero deberá conocer los objetivos a lograr. Estos objetivos provienen del lineamiento estratégico existente o por defecto de la promesa del plan de nivel superior previo. Esta definición debe ser explícita y contar con la formalización correspondiente.
- **Supuestos y/o proyecciones del plan** Un supuesto utilizado por el planificador en la generación de un plan minero que representa la mejor predicción de desempeño esperado. Esto puede estar basado en la mejor información disponible, la retroalimentación operacional, el desempeño histórico o la experiencia del planificador, pero deben obedecer a un proceso establecido de cómo definir dichos valores. Los supuestos y/o proyecciones a utilizar deben contar con un nivel de aprobación definido. Por ejemplo: dotaciones, recuperaciones de stocks iniciales, etc.
- **Inputs del Plan** Un input entregado y comprometido utilizado en la generación del plan, que representa la mejor predicción del desempeño esperado. Este debe estar basado en capacidades medidas o en un cambio demostrado o justificado que ya ocurre u ocurrirá dentro del periodo de vigencia del plan a desarrollar.

- Inputs Dinámicos Son parámetros o indicadores de proceso que reflejan el cambio dinámico del proceso productivo y que requieren ser actualizados en cada proceso de planificación. Por ejemplo: Topografía.
- Inputs No Dinámico Son parámetros o indicadores que se establecen en la planificación de largo plazo y cuya vigencia entre planes de mediano plazo y que debiese mantenerse. Por ejemplo: diseño de fases, ausentismo, etc.
- Cambio Material Cualquier condición que signifique una diferencia mayor a $\pm 5\%$ respecto la producción de cobre fino comprometido en el último plan de producción vigente.
- Piso de Productividad Nivel mínimo que debe usarse como input del plan cuando la capacidad histórica es inaceptablemente baja.
- Línea Base Comportamiento de tendencia histórica de referencia para la validación de un input.
- Caracterización de Inputs El Area de Análisis y mejoramiento deberá entregar la mejor estimación del input mediante una metodología de cálculo que incluya datos suficientes para definir su distribución de probabilidad. En una primera instancia se debe entregar un valor esperado, un valor mínimo y un valor máximo, con el fin de realizar análisis probabilísticos sobre los mismos (análisis de rango), realizar el test de robustez y análisis de riesgo sobre el plan minero generado. La metodología para establecer este indicador deberá estar basada en métodos estadísticos u otro mecanismo.
- Metas del Plan Resultados del Plan de Producción que representan la mejor predicción del desempeño esperado o estado de la mina para un instante dado.
- Cuellos de Botella identificados Proceso, recurso o actividad individual, que se ha identificado como limitante del desempeño o capacidad de la mina o procesos. Deben ser periódicamente revisados (semestre, año) para asegurar su correspondiente actualización.
- Meta operacional Un compromiso de producción establecida para la ejecución del plan, para guiar mejoras y capacidades máximas hacia las metas aspiracionales. Deben ser alcanzables, no inferior al objetivo del plan para cualquier indicador y basada en un método de determinación claramente definido.
- Meta aspiracionales Un objetivo de producción de alto nivel establecido de acuerdo a Benchmarking aceptados por La compañía o de un análisis de Capacidad instalada (diseño, nominal o proceso) por el negocio que se es visto como alcanzable y que todas las operaciones se subordinan hacia él mediante el

logro de las metas operacionales. Esto no debe ser usado como un input en el proceso de planificación de corto plazo.

Con estas importantes consideraciones que se deben tener antes de emitir los inputs para cada una de las áreas, se debe pasar a la gestión de estos

7.1.2. Gestión de Inputs.

Los inputs deben ser establecidos al inicio del proceso de planificación con el fin de entregar la predicción factible más exacta de los compromisos de cada área, y con esto la responsabilidad que cada área de la ejecución adquiere con el cumplimiento de estos inputs, además representa la mejor visión del desempeño esperado. Este input es basado en capacidades reales medidas, o inferidas en el caso de que exista un cambio demostrado o justificado, que ya ocurre u ocurrirá dentro del periodo del plan a desarrollar.

Las líneas bases a usar para la creación de los inputs deben seguir los siguientes criterios, para los distintos horizontes de los planes de producción:

- Plan Anual: Estadística representativa de 12 meses móviles (base semanal).
- Plan Mensual: Estadística representativa de 3 meses móviles (base diaria).
- Plan Bisemanal: Estadística representativa de 4 semanas móviles (base diaria).

Es importante considerar que para cada plan debe existir un plazo máximo de entrega de información de forma que las actividades de construcción del plan, por parte del equipo de planificación, cuente con el tiempo necesario para realizar el plan, de esta forma para la entrega de los inputs del plan anual no debe ser menor a 45 días anterior a iniciarse dicho plan. Para los planes mensual deben ser 15 días antes de iniciar el plan y para el caso de los planes semanales 6 días, todo esto con el objetivo de evitar re trabajos y/o planes que no tuvieron la dedicación necesaria para asegurar su calidad.

Es importante que cada input debe estar correlacionado con el plan que lo antecede, en el caso de no ser así, se solicitara una formalización del equipo ejecutivo para autorizar este cambio, el cual debe contar con los respaldos para validar dicho cambio.

7.1.2.1. Análisis de input.

Se debe considerar en el análisis del input la estadística recopilada, que se basan en los valores reales, según los horizontes de tiempo revisado anteriormente, según cada ciclo de planificación de las distintas áreas productivas. El objetivo de esta acción es identificar y determinar para cada una del input su valor P50 (probabilidad del 50%) y compararlo con los resultados de procesos de planificación previos.

En la tabla 8 se definen los inputs solicitados por el área de planificación, los cuales deben ser entregados en formatos pre establecidos.

Supplier Proveedor	INPUT Input	
A&I Mina	Palas Cargadores Camiones Perforadoras Tractores Oruga Tractores Neumaticos Motoniveladora Camion Regador	Unidad / disponibilidad / Utilizacion / Productividad / Vida Util / horometros Unidad / disponibilidad / Utilizacion / Productividad / Vida Util / horometros Unidad / disponibilidad / Utilizacion / Productividad / Velocidad / tiempos fijos / Factor de Carga / Vida Util / horometros Unidad / disponibilidad / Utilizacion / Productividad / Vida Util / horometros Unidad / disponibilidad / Utilizacion / Productividad / Vida Util / horometros Unidad / disponibilidad / Utilizacion / Productividad / Vida Util / horometros Unidad / disponibilidad / Utilizacion / Productividad / Vida Util / horometros
Servicios Tecnicos	Inventarios Stocks Mina	Tonelaje / Leyes / Impurezas / Mineralogia / Calidad Fisica
A&I Planta	Chancado - Apilamiento Chancado - Apilamiento Ripios Ripios Maquinas Despegadoras Maquinas Despegadoras Capacidad Cosecha	Tiempos de detencion Mantenimiento: Programado y no programado / rendimiento Tiempos de detencion Operacional: Programado y no programado / Rendimiento Tiempos de detencion Mantenimiento: Programado y no programado / rendimiento Tiempos de detencion Operacional: Programado y no programado / Rendimiento Tiempos de detencion Mantenimiento: Programado y no programado / rendimiento Tiempos de detencion Operacional: Programado y no programado / Rendimiento Capacidad Maxima Cosecha Diaria/anual
RPD	Recuperaciones Parametros de Proceso Sulfuro Parametros de Proceso Oxido	Recuperacion /Cineticas Oxidos Recuperacion /Cineticas Oxidos Recuperacion /Cineticas Oxidos Altura / Restricciones de Alimentacion de Minerales Altura / Restricciones de Alimentacion de Minerales
A&I Planta	Inventarios de Pila	Proyeccion de Recuperacion Minerales en riego

Tabla 8 “Resumen los inputs requeridos para el proceso de planificación”

(Fuente: Procedimiento de entrega de input Minera Spence)

El detalle de cada uno de los inputs y el reporte (archivo electrónico Excel) que se debe completar para formalizar la entrega, a modo de ejemplo, se considerará la utilización de *camiones de extracción*. De forma de indicar como se debe realizar la entrega de input, los cuales deben contar con lo siguiente pasos:

- i. Seleccionar un periodo histórico representativo.

El horizonte de datos base para la obtención de los valores de probabilidad de cada input dependerá del tipo de plan a construir, siendo “diaria” la granularidad más

pequeña para el análisis. Para la descarga de datos se utiliza Data Mining SP como ilustra la Tabla 9.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
			Utilización CEX TUM	Rendimiento CEX TUM	Rendimiento CEX TUM	Disponibilidad CEX TUM	Factor de Carga VIMS					
1			84.83%	461,365	435,112	34.36%	237					
2		15-12-2018	82.63%	452,531	422,362	35.06%	235					
3		16-12-2018	84.44%	573,564	296,107	35.89%	235					
4		17-12-2018	79.32%	451,744	422,715	39.21%	235					
5		18-12-2018	76.62%	400,592	373,863	35.54%	233					
6		19-12-2018	79.42%	478,796	381,126	32.29%	232					
7		20-12-2018	74.44%	460,374	435,22	35.71%	234					
8		21-12-2018	77.63%	444,563	405,579	38.79%	234					
9		22-12-2018	71.97%	440,667	413,351	39.96%	234					
10		23-12-2018	74.75%	458,48	430,506	35.76%	234					
11		24-12-2018	74.25%	462,755	439,116	39.79%	234					
12		25-12-2018	76.12%	463,435	373,104	37.27%	235					
13		26-12-2018	81.15%	463,323	375,552	35.96%	235					
14		27-12-2018	85.88%	410,88	290,242	32.06%	237					
15		28-12-2018	86.61%	445,372	424,351	34.98%	237					
16		29-12-2018	85.83%	460,314	433,781	35.67%	237					
17		30-12-2018	89.13%	456,4	433,379	35.96%	238					
18		31-12-2018	84.42%	452,394	430,245	35.96%	235					
19		01-01-2019	77.85%	395,715	370,508	37.00%	237					
20		02-01-2019	79.81%	425,739	401,249	35.36%	236					
21		03-01-2019	78.32%	447,352	412,105	39.22%	235					
22		04-01-2019	80.18%	489,365	455,591	37.63%	235					
23		05-01-2019	80.38%	477,116	445,227	35.98%	234					
24		06-01-2019	78.61%	480,481	453,246	39.53%	235					
25		07-01-2019	80.62%	443,591	420,67	30.54%	235					
26		08-01-2019	82.93%	473,501	384,489	39.92%	237					
27		09-01-2019	88.18%	480,739	430,567	35.24%	235					
28		10-01-2019	87.72%	447,331	415,376	35.09%	235					
29		11-01-2019	80.88%	425,491	402,172	35.54%	235					
30		12-01-2019	82.45%	447,286	417,579	36.59%	235					
31		13-01-2019	87.74%	454,16	430,591	35.62%	234					

Tabla 9 “Planilla de datos base desde Data MINING”

(Fuente: Elaboración Propia)

Con esta información se genera un nuevo proyecto en Minitab (Tabla 10), con el que se busca definir el comportamiento estadístico de cada indicador productivo.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Utilización CEX	Rendimiento CEX	Utilización CEX TUM	Rendimiento CEX TUM	Factor de Carga VIMS	Utilización PAL	Utilización PAL TUM
1	0.893034	477.274	0.830636	513.128	235.387	0.841089	0.505920
2	0.902582	473.528	0.851071	502.188	235.684	0.813631	0.488632
3	0.878611	390.347	0.818570	418.978	235.330	0.723388	0.432340
4	0.894095	417.693	0.823616	453.436	234.711	0.654601	0.456532
5	0.905193	450.570	0.835124	488.374	235.872	0.737838	0.505116
6	0.906085	454.872	0.859453	479.552	234.675	0.875833	0.509205
7	0.871923	454.178	0.831429	476.298	234.277	0.843595	0.479061
8	0.904423	412.721	0.842651	442.977	235.347	0.864294	0.515729
9	0.921988	460.970	0.855198	496.971	236.104	0.866726	0.474465
10	0.900575	435.433	0.834261	470.045	234.344	0.855405	0.518342
11	0.903095	428.690	0.852830	453.957	234.797	0.841466	0.457361
12	0.917910	447.978	0.858310	479.085	233.692	0.861016	0.411062
13	0.905428	440.171	0.855682	465.761	233.562	0.828031	0.439612
14	0.886873	423.503	0.828105	453.558	231.388	0.821507	0.489004
15	0.888422	440.433	0.835262	468.465	236.540	0.821431	0.480847
16	0.856074	420.145	0.802706	448.078	236.456	0.752817	0.452493

Tabla 10 “Planilla de datos base Minitab”

(Fuente: Elaboración Propia)

ii. Determinación de los valores probabilidad P de cada indicador.

La obtención de los valores P permiten entender el grado de confianza en términos probabilísticos que se espera para un input determinado, comparado con los datos históricos del mismo proceso. Este cálculo es realizado con la herramienta estadística Minitab.

El valor p se calcula utilizando la distribución de muestreo del estadístico de prueba bajo la hipótesis nula, los datos de la muestra y el tipo de prueba que se realiza (prueba de cola inferior, prueba de cola superior o prueba bilateral).

Donde:

P Probabilidad de un evento

TS Estadístico de prueba

Ts Valor observado del estadístico de prueba calculado a partir de la muestra

cdf () Función de distribución acumulada de la distribución del estadístico de prueba (TS) bajo la hipótesis nula.

Minitab muestra automáticamente los valores p para la mayoría de las pruebas de hipótesis. Sin embargo, también se puede utilizar Minitab para calcular "manualmente" los valores p. Para calcular un valor p en Minitab de forma manual:

1. *Elegir Calc > Distribuciones de probabilidad > Elegir la distribución adecuada.*
2. *Elegir Probabilidad acumulada.*
3. *Proporcionar los parámetros si es necesario.*
4. *Elegir Constante de entrada e ingrese el estadístico de prueba.*
5. *Aceptar.*

El resultado (cdf(ts)) es la probabilidad de que el estadístico de prueba sea igual a o menor que el valor realmente observado con base en la muestra bajo H_0 .

- Para una prueba de cola inferior, el valor p es igual a esta probabilidad: valor p = cdf(ts).
- Para una prueba de cola superior, el valor p es igual a uno menos esta probabilidad: valor p = 1 - cdf(ts).
- Para una prueba bilateral, el valor p es igual a dos veces el valor p para el valor p de cola inferior si el valor del estadístico de prueba de la muestra es negativo. Sin embargo, el valor p es igual a dos veces el valor p para el valor p de cola superior si el valor del estadístico de prueba de la muestra es positivo.

iii. Análisis gráfico de resumen.

La representación de los datos en un histograma y sus parámetros estadísticos da una idea de donde se concentra la mayor densidad de datos y también permite obtener una proporción relativa entre los datos cero, anómalos y los que permitirían iniciar la búsqueda de la distribución más probable para el proceso.

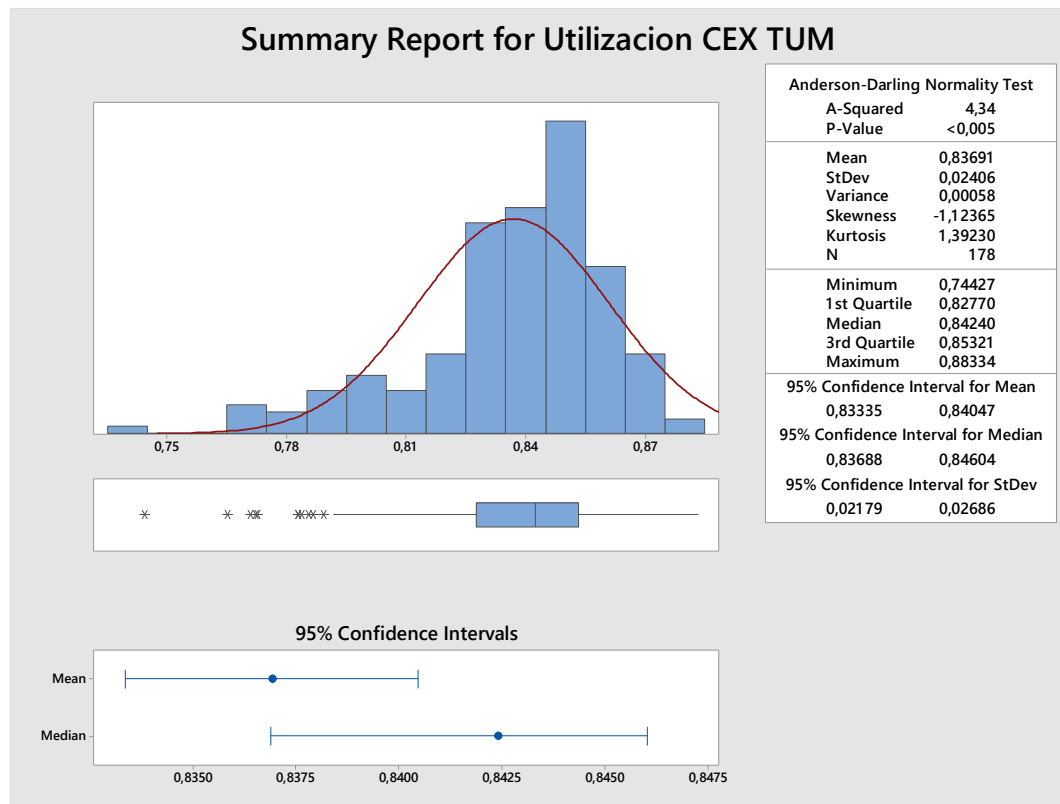


Gráfico 6 "Ejemplo de Gráfico resumen utilización CEX TUM"

(Fuente: Elaboración Propia)

Los comandos a ejecutar en Minitab para obtener el gráfico resumen 6 son:

- *Stat*
- *Basic Statistics*
- *Graphical Summary*

Una vez que tenemos los resultados del análisis estadístico se debe eliminar los valores anómalos (**out layer**) que puedan generar una errada interpretación de la realidad.

iv. Determinar distribución estadística para la muestra de datos.

Para determinar la distribución a la cual se ajustan los datos estudiados, se generar 5 muestras aleatorias de estos.

Los comandos a ejecutar en Minitab para obtener las muestras aleatorias son:

- **Calc**
- *Random Data*
- *Sample from Columns*
- *Number of rows to sample: 100...(x5)*

Una vez obtenidas las 5 muestras aleatorias se debe identificar a qué tipo de distribución de probabilidad se ajusta cada una. Para este efecto se utiliza el test estadístico *Anderson Darling*:

- *Stat*
- *Quality Tools*
- *Individual Distribution Identification... (x5)*

Como resultado el programa minitab entrega la tabla 11 que contiene las pruebas estadísticas de ajuste para cada distribución.

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	2,092	<0,005	
Box-Cox Transformation	1,304	<0,005	
Lognormal	2,327	<0,005	
3-Parameter Lognormal	2,092	*	0,103
Exponential	43,502	<0,003	
2-Parameter Exponential	19,342	<0,010	0,000
Weibull	0,404	>0,250	
3-Parameter Weibull	0,361	0,333	1,000
Smallest Extreme Value	0,360	>0,250	
Largest Extreme Value	5,327	<0,010	
Gamma	2,247	<0,005	
3-Parameter Gamma	2,432	*	1,000
Logistic	1,456	<0,005	
Loglogistic	1,591	<0,005	
3-Parameter Loglogistic	1,456	*	0,179
Johnson Transformation	0,238	0,777	

Tabla 11 "Test de bondad de ajuste"

(Fuente: Elaboración Propia)

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	0,83624		0,02333	
Box-Cox Transformation*	0,41200		0,05459	
Lognormal*	-0,17924		0,02828	
3-Parameter Lognormal	6,23924		0,00005	-511,63258
Exponential			0,83624	
2-Parameter Exponential			0,06612	0,77011
Weibull		46,00119	0,84656	
3-Parameter Weibull		3501,60156	64,07711	-63,23034
Smallest Extreme Value	0,84677		0,01830	
Largest Extreme Value	0,82371		0,02693	
Gamma		1275,01170	0,00066	
3-Parameter Gamma		414,47960	0,00117	0,35015
Logistic	0,83867		0,01277	
Loglogistic	-0,17611		0,01537	
3-Parameter Loglogistic	6,23846		0,00002	-511,22982
Johnson Transformation*	-0,02738		0,92614	

Tabla 12 “Estimación de parámetros de distribución”

(Fuente: Elaboración Propia)

7.1.2.2. Revisión de input

En este proceso, es necesario analizar con un equipo multidisciplinario de personas para realizar una revisión detallada y analítica de cada valor de input, donde sus resultados podrían modificar la información inicial, e identificar cuáles son las actividades que se podrían concretar para el siguiente plan.

Además, en este paso, se deben incluir los inputs relacionados con los cambios en relación con el plan anterior que pueden generar diferencias en el input inicial, debido que el escenario es distinto como por ejemplo el aumento de la flota de equipos, las nuevas restricciones operacionales, variación en las capacidades nominales, los proyectos de mejora y en general los cambios que afectan en los inputs entregados inicialmente.

Para el éxito del análisis y revisión de input, es importante generar una revisión con todos los Stakeholders que estén involucrados en la entrega de inputs, en la confección del plan y la ejecución del plan, y por medio del análisis estadístico entregado por el área de Análisis y Mejoramiento (A&I), analizar, consensuar y definir el valor para cada input y su grado de variabilidad en los procesos futuros.

A continuación, se muestra un ejemplo de la presentación entregada para la revisión con todas las áreas involucradas en este proceso. Los inputs siempre deberán ir acompañados de un respaldo del análisis estadístico, además deben ser comparados con respecto de la línea base y el último plan vigente. Para este ejemplo utilizaremos el área de ripios

BHP

Spence - Inputs F08 Marzo 2019 FY19 – Feb 2021 FY21

Enero 2019 - [Production Planning](#)



Imagen 5 “Portada presentación de la revisión del proceso de input”

(Fuente: Presentación Inputs F08, Minera Spence)

Resumen Inputs F08

Promedio anual

		FY19			FY20		
		FF11 (Budget)	FF05	FF08	FF11 (Budget)	FF05	FF08
Camiones	Utilización	84.7%	80.2%	80.1%	85.0%	82.5%	83.7%
	Disponibilidad	85.9%	86.4%	86.8%	85.9%	84.8%	84.9%
	FC	230	229	229	230	230	230
Palas	Utilización	52.7%	51.5%	51.4%	52.7%	52.0%	50.9%
	Disponibilidad	81.5%	82.1%	81.0%	80.5%	80.5%	82.1%
Cargadores	Utilización	42.9%	41.4%	41.4%	42.9%	42.6%	44.6%
	Disponibilidad	78.8%	78.2%	79.9%	77.8%	74.7%	75.3%
<hr/>							
Area Seca	Utilización	90.6%	88.4%	88.4%	90.1%	89.8%	88.4%
	Disponibilidad	79.2%	77.0%	76.6%	79.4%	78.6%	79.5%
	Rendimiento	3.580	3.629	3.631	3.394	3.430	3.434
Ripios	Utilización	75.4%	66.9%	69.8%	77.1%	74.7%	75.7%
	Disponibilidad	78.7%	77.4%	74.5%	82.5%	80.4%	81.3%
	Rendimiento	4.137	4.050	3.910	4.137	4.035	4.074

Verde: ≥100% Amarillo: ≥95% y <100% Rojo: <95%

Comentarios:

- F08 FY19, considera valores reales hasta diciembre, mas la proyección hasta el fin del FY19 (F05 real hasta Octubre, proyección Noviembre a Junio 2019)

Mina

- Utilización de CEX, incluye la full implementación de iniciativas comprometidas en el plan de mejoramiento, por lo cual se estima alcanzar una utilización de un 83,9% en el mes de junio. (FY20 considera llegar al target de 85.2%)
- Para el FY20 no existen bajas en los indicadores, con excepción de la utilización de Palas, la cual se vera disminuida por la detención de polvo producto de 2 aperturas de Fase, además de la intervención de Pala 01

Planta

- Utilización área seca incluye 1 hora adicional de OP en preparativos de Mantenimientos Programadas por sobre F05 – 5YP20
- Rendimientos en área seca incluye preparativos y ramp up post mantenimientos (el rendimiento efectivo es de 3,640 tph)
- Rendimientos en ripios FY19, incluye actualización de reclamo de módulos con arcilla

Spence – F08 FY19/FY20/FY21
25.01.2019

BHP

Imagen 6 “Lamina resumen de la información de input”

(Fuente: Presentación Inputs F08, Minera Spence)

Área Ripios Detenciones Operacionales Programadas

Dentro de la definición estratégica, las OP deben contemplar:

- Retiro e inclusión de correa CV28 por 10 hrs y giro de los equipos desde barranco a cordillera 10 hrs.
- Los días de Mantenición Programada con 4 horas se contempla 6 horas con media línea, de manera alternada, un jueves con una rotopala y el otro jueves con la otra rotopala.
- Se deben considerar 2 hrs de detención los jueves y domingo para detenciones programadas de aseo y cambio de cable, que se realizan a continuación de una MP de 2 y 4 hrs.
- Para los días que no hay MP, 10 curvas diarias (50 min/día) operando ambas rotopalas y 13 curvas (75 min/día) operando en forma individual y un cambio de cable diario con aseo de 2 horas (en junio se disminuye a 2 cambios de cable tras la instalación del megaenrollable).
- El uso de camiones en la extracción de ripios incrementa en 3 curvas/día, es decir, se requiere considerar 15 min/día adicionales (0,25 hrs/día) por incremento de curvas durante la operación de camiones.

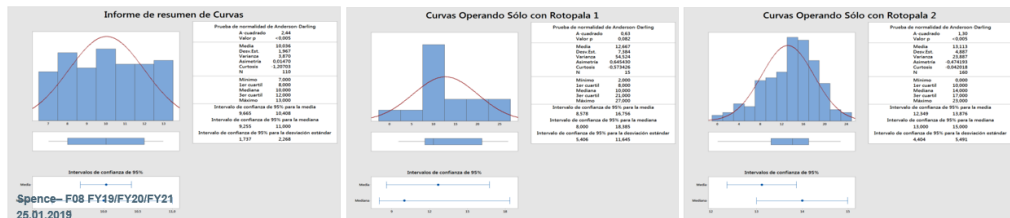


Imagen 7 “Lamina de ejemplo del valor entregado de un input específico y su variabilidad”

(Fuente: Presentación Inputs F08, Minera Spence)

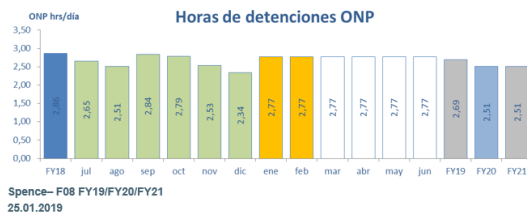
Área Ripios Detenciones Operacionales No Programadas

Dentro del análisis de ONP, se descartan eventos no habituales como ONPs de atollo, hundimiento de equipo, restricción operacional, extensión de shifting, arreglo de piso no programado, posicionamiento de equipo no programado, incremento de cambio de cable por eventos de suelo, etc.

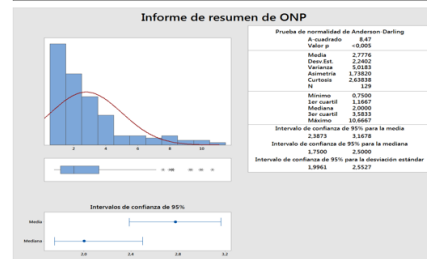
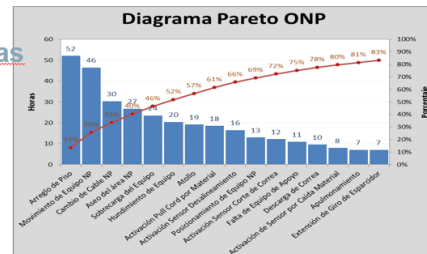
De esta manera, las ONP de la media móvil de los últimos 12 meses como P50 es de 2,77 horas/día.

La desviación estándar de 2,24 hrs/día.

El intervalo de confianza de 2,38 a 3,16 hrs/día.



Spence- F08 FY19/FY20/FY21
25.01.2019



BHP

Imagen 8 “Lamina de ejemplo del valor entregado de un input específico y sus valores obtenidos en los periodos de tiempo que lo anteceden al plan”

(Fuente: Presentación Inputs F08, Minera Spence)

7.1.3. Formalización de input.

Cuando el equipo multidisciplinario finaliza el análisis de input, se desarrolla el paso de formalización de ellos, los cuales deben ser validados por el equipo ejecutivo que participan en el análisis y son endosados por los gerentes. De esta forma se toma el compromiso del input entregado para la confección del plan y que serán revisados continuamente una vez que se comience a ejecutar el plan de producción.

La formalización incluye la firma de todas las personas que participaron en la confección, análisis y evaluación del input, donde también se incluyen a las áreas funcionales como proyecto, ingeniería, RRHH, entre otros

En el cuadro siguiente se describe por medio de un diagrama de flujo la revisión del input desde su confección hasta el proceso de cierre o aprobación de esta información.

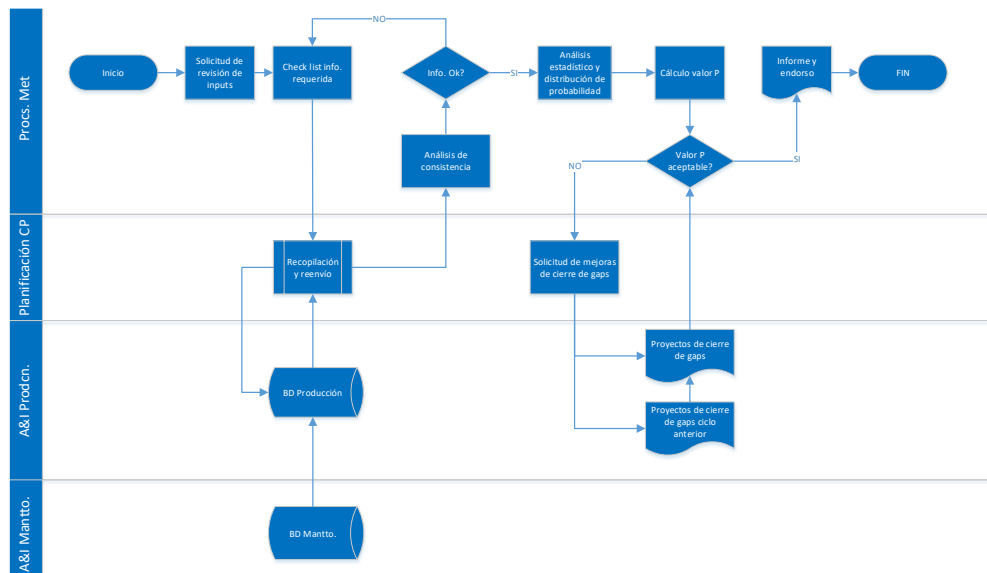


Imagen 9 “Diagrama de flujo input”

(Fuente: Procedimiento entrega Input, Minera Spence)

Es importante poner especial atención en la calidad y veracidad del input entregados, de esto depende la calidad del plan de producción, son los cimientos para lograr los resultados que determinan los compromisos futuros con la organización. En el caso es que los inputs no sean lo suficientemente “realistas”, el plan de producción está destinado al fracaso, debido a que la base de proceso no cuenta con la información indispensable para el proceso siguiente, “El Plan de Producción”.

7.2. Plan de Producción

El plan de producción es una herramienta con un horizonte temporal, que puede ser de corto-mediano-largo plazo, en donde se definen todos los aspectos técnicos y productivos que conciernen a todas las etapas de la producción de cobre, recogidos en el plan estratégico y vinculado con ello a la consecución de los objetivos de la compañía. Es, por tanto, una parte fundamental del plan de negocios, y que el área de operaciones es responsable de ejecutar.

El plan señala, en términos generales, la cantidad total de producción de cada área, en el plan de producción deben incluirse, principalmente la capacidad productiva de cada área según los inputs entregados.

Por otra parte, el fin de este plan de producción es determinar la combinación de ritmo de producción, FTE (personas) y recursos, que minimiza el costo y logra satisfacer las expectativas de la organización.

La compañía está interesada en establecer un Plan de Producción estable con un ritmo de producción continuo y similar en todos los períodos. Sin embargo, el recurso (mineral, Humano o de infraestructura) generalmente no es continuo, sino que presenta importantes oscilaciones, y que van más bien a la baja (menor ley, productividad y deterioro de las instalaciones). Por ello, el Plan de Producción debe tratar de reducir al máximo estas variaciones a la vez que lograr una eficiente utilización de su capacidad productiva.

Una vez consolidadas y formalizadas el input para la construcción del plan de producción, este comienza a prepararse. El plan consiste en la construcción de la secuencia del plan de la mina, que entrega las variables relevantes tales como el mineral movido, el estéril, la ley del mineral, las características del mineral; área seca y plan de rípios, cobre de la plataforma de lixiviación; transferencia del plan SX y finalmente, el plan de cátodos, todos estos procesos los revisaremos a continuación.

La etapa del Plan de producción de cobre consta de los diferentes sub procesos:

7.2.1. Determinación del Plan de área Seca:

Con el plan de Area Seca, se da inicio al proceso de planificación, debido a que este plan es el primero en realizar, además es input para el plan producción de la mina.

Una vez entregados los inputs del área de Análisis y Mejoramiento del Mantenimiento para el plan de área seca, donde se considera la estrategia de mantenimiento y que corresponde al día, a las horas de mantenimiento, y a los equipos que afecta, con el objetivo de revisar si existen subutilizaciones en el proceso, así como las detenciones mayores que puedan afectar a la planta.

En el caso de la ejecución, el área de Análisis y Mejoramiento de la producción entrega la información de las detenciones programadas para realizar aseos u otras detenciones que afectan la utilización, como el giro de puente, cambio de campaña, así como la estadística de las detenciones no programadas para poder incorporar en el plan.

Con todo lo anterior y por medio de planillas en Excel, así como por medio del software Medsim, se estima los tonelajes diarios y mensuales, adicional se calcula las disponibilidades, utilizaciones y rendimientos de la planta chancado.

Fecha	Disponibilidad %	Utilización		Mantenimiento		Operación		Uptime h	Rido t/h	Apilado ton	Apilado t/h	Campaña	Modulo	Campaña	Peste-Con	CuT	CuS	RS	CuF	COD	Belay	Acido					Sal	p-Clay
		Real h	Global h	Prog h	h/Week	Prog h	h/Week															h	tp/h	ton	t/h	ton		
vie 01-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	93,30	3.991.792	2.098.715	0,90	0,15	0,17	544	0,17	0,00	0	88	726	88	903	907	<1%
sáb 02-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	93,70	3.998.914	2.105.827	0,90	0,15	0,17	604	0,17	0,00	0	88	805	88	982	1007	<1%
dom 03-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	94,11	4.066.036	2.172.959	0,90	0,15	0,17	604	0,17	0,00	0	88	805	88	982	1007	<1%
lun 04-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	94,47	4.126.312	2.231.453	0,90	0,25	0,28	544	0,17	0,00	0	88	622	88	798	907	<1%
mar 05-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	94,87	4.193.654	2.300.577	0,90	0,25	0,28	604	0,17	0,00	0	88	600	88	866	1007	<1%
mié 06-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	95,19	4.254.151	2.361.074	0,90	0,25	0,28	544	0,17	0,00	0	88	622	88	798	907	<1%
jue 07-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	95,64	4.321.372	2.428.195	0,90	0,25	0,28	604	0,17	0,00	0	88	600	88	866	1007	<1%
vie 08-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	96,00	4.381.769	2.488.692	0,90	0,25	0,28	544	0,17	0,00	0	88	622	88	798	907	<1%
sáb 09-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	96,40	4.448.891	2.555.814	0,90	0,25	0,28	604	0,17	0,00	0	88	600	88	866	1007	<1%
dom 10-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	96,80	4.516.012	2.622.935	0,90	0,25	0,28	604	0,17	0,00	0	88	600	88	866	1007	<1%
lun 11-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	97,17	4.576.309	2.691.432	0,90	0,28	0,31	544	0,16	0,00	0	88	607	88	844	907	<1%
mar 12-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	97,55	4.640.348	2.747.271	0,90	0,28	0,31	575	0,16	0,00	0	88	704	88	880	958	<1%
mié 13-mar	43%	99%	42%	12	1:74	0:0	0:1	10:2	3:40	36:992	38:324	Sulf	97,77	4.677.351	2.784.254	0,90	0,28	0,31	333	0,16	0,00	0	88	408	88	504	555	<1%
jue 14-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	98,18	4.744.452	2.851.375	0,90	0,28	0,31	604	0,16	0,00	0	88	740	88	917	1007	<1%
vie 15-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	98,54	4.804.349	2.911.872	0,90	0,28	0,31	544	0,16	0,00	0	88	607	88	844	907	<1%
sáb 16-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	98,94	4.872.071	2.978.994	0,90	0,28	0,31	604	0,16	0,00	0	88	740	88	917	1007	<1%
dom 17-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	99,34	4.939.192	3.046.115	0,90	0,28	0,31	604	0,16	0,00	0	88	740	88	917	1007	<1%
lun 18-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	99,71	4.999.689	3.106.612	0,90	0,23	0,26	544	0,24	0,00	0	88	654	88	830	907	<1%
mar 19-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	100,11	5.066.811	3.173.734	0,90	0,23	0,26	604	0,24	0,00	0	88	725	88	902	1007	<1%
mié 20-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	100,47	5.127.938	3.234.220	0,90	0,23	0,26	544	0,24	0,00	0	88	654	88	830	907	<1%
jue 21-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	100,87	5.194.429	3.301.352	0,90	0,23	0,26	604	0,24	0,00	0	88	725	88	902	1007	<1%
vie 22-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	101,24	5.254.926	3.361.849	0,90	0,23	0,26	544	0,24	0,00	0	88	654	88	830	907	<1%
sáb 23-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	101,64	5.321.948	3.428.970	0,90	0,23	0,26	604	0,24	0,00	0	88	725	88	902	1007	<1%
dom 24-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	102,04	5.389.169	3.486.092	0,90	0,23	0,26	604	0,24	0,00	0	88	725	88	902	1007	<1%
lun 25-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	102,39	5.446.708	3.553.611	0,90	0,15	0,17	538	0,18	0,00	0	88	690	88	867	863	<1%
mar 26-mar	43%	99%	42%	12	1:74	0:0	0:1	10:2	3:40	36:992	38:324	Sulf	102,60	5.481.882	3.588.804	0,90	0,15	0,17	317	0,18	0,00	0	88	422	88	599	528	<1%
mié 27-mar	0%	0%	0%	24	0:00	0:0	0:0	0	0	0	0	Sulf	102,60	5.481.882	3.588.804	0,90	0,15	0,17	0	0,18	0,00	0	88	0	88	177	0	<1%
jue 28-mar	43%	99%	42%	12	1:74	0:0	0:1	10:2	3:40	36:992	38:324	Sulf	102,82	5.518.864	3.625.787	0,90	0,15	0,17	393	0,18	0,00	0	88	444	88	620	555	<1%
vie 29-mar	78%	88%	69%	2	3:19	2:0	0:2	16:6	3:40	60:497	62:691	Sulf	103,18	5.579.391	3.685.284	0,90	0,15	0,17	544	0,18	0,00	0	88	726	88	903	907	<1%
sáb 30-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	103,59	5.646.482	3.753.405	0,90	0,15	0,17	604	0,18	0,00	0	88	805	88	982	1007	<1%
dom 31-mar	86%	90%	77%	0	3:48	1:0	1:1	18:4	3:40	67:122	69:556	Sulf	103,99	5.713.604	3.820.527	0,90	0,15	0,17	604	0,18	0,00	0	88	805	88	982	1007	<1%
mar-19	76,76	89,82	80,32	82	95,59	38,0	19,0	16,4	3,624	1.842.308	1.919.120					0,9	0,2	0,2	535	0,2	0,0	0	2.738	21.362	2.738	0	25.057	27.655

Tabla 13 “Plan de Producción Area seca”

(Fuente: Output F08, Minera Spence)

Del plan de producción del área seca, no solo se desprende la cantidad de mineral que es posible procesar por el chancado, sino que también es posible observar en que módulo de Oxido/Sulfuro se encuentra el puente apilador, para definir las fechas para el cambio de campaña, y otros insumos que es importante provisionar para los periodos siguientes (Agua, acido, sal, repuestos, etc.).

7.2.2. Determinación del Plan de área Mina:

Ya realizado el plan de Area Seca, entrega el target para el plan de alimentación de la mina con mineral a chancado. Una vez entregada la estrategia de mantenimiento y las utilizaciones esperadas para los equipos mina, el factor de carga de la flota CEX, la proyección de inventarios de stocks de mineral dispuestos en la mina y el plan de alimentación del área seca, se estiman los tonelajes semanales para la secuencia de extracción de mineral y mensuales para la secuencia de extracción de lastre. Para la confección del plan se deben considera los siguientes pasos:

i. Proyección de la Topografía (“foto”) de inicio

La primera etapa del plan de producción de la mina, es proyectar la Topografía de inicio desde la actualidad hasta el plan siguiente, considerando que, según el horizonte de planificación, es cuanto se debe proyectar esta Topografía, que implica inferir la “foto” en que terminaría el plan actual o iniciaría la topografía de la mina en el mencionado plan siguiente de la mina, por ejemplo para un plan bisemanal la foto de inicio se proyecta 4 días, en cambio, para el plan mensual se proyecta aproximadamente 20 días, en cambio para un plan anual es aproximadamente 6 meses.

Lo importante de esta etapa, es que da el inicio al plan mina y que podríamos considerar como un input interno, la proyección debe considerar el mineral expuesto, pero también debe considerar cuanto material sale y entra del stock. Esta etapa del proceso tiene que tener en consideración la topografía real actual, y con la expectativa del plan actual, que finaliza, con el comienzo del plan que se proyecta, se debe calcular los tonelajes que se extraerán y así topográficamente, por medio del software minero Vulcan entregar una topografía proyectada.

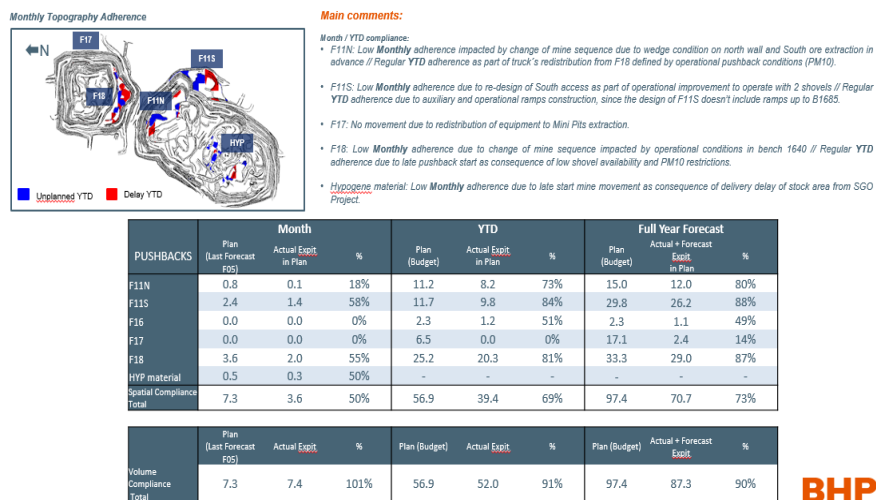


Imagen 10 “Proyección Foto de inicio mina”

(Fuente: Presentación Inputs F08, Minera Spence)

ii. Alimentación a Chancado

Una vez que tenemos la foto de inicio (topografía proyectada), los stocks (ley, tonelaje y composición mineralógica), también contamos con el tonelaje diario que es posible procesar en el chancado (Plan de Area Seca), además tenemos la disponibilidad de equipos de extracción, de transporte y de apoyo para la mina, por lo que, con esta información, lo primero que debemos priorizar es cumplir con la alimentación a chancado en el tonelaje enviado, pero también enviando la mezcla que cumpla con la mejor ley de Cobre, siempre considerando las restricciones metalúrgicas del proceso de lixiviación.

Una vez que se cumple con el proceso de alimentación a chancado, y se cumplen todas las restricciones metalúrgicas, los recursos restantes se utilizan para generar el plan de movimiento mina.

POC P02: EXTRACTION

Secuencia de Alimentación

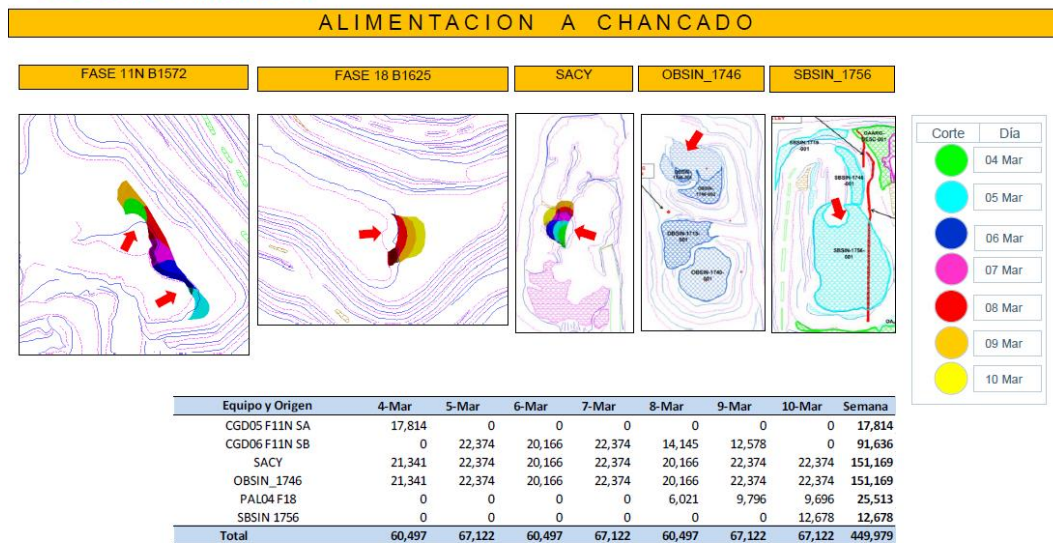


Imagen 11 “Alimentación semanal mina (Sectores)”

(Fuente: Plan de producción mina, Minera Spence)

PAS	04	05	06	07	08	09	10	SEM 10	SEM 11
	60,497	67,122	60,497	67,122	60,497	67,122	67,122	449,979	423,181
TOTAL_MASS	60,497	67,122	60,497	67,122	60,497	67,122	67,122	449,979	423,181
Ley CuT Total	1.02	0.82	0.84	0.83	0.84	0.84	0.90	0.87	0.78
Ley CuS	0.37	0.34	0.34	0.27	0.38	0.38	0.32	0.34	0.29
Ley Cul	0.66	0.47	0.50	0.56	0.46	0.46	0.58	0.53	0.48
Cl Acido	0.85	0.76	0.78	0.36	0.82	0.84	0.83	0.75	0.80
Carbonato	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12
Sum of % CC	42%	55%	58%	78%	49%	51%	58%	56%	56%
Sum of % CV	18%	6%	3%	12%	11%	11%	5%	9%	6%
Sum of % CPY	4%	5%	6%	10%	7%	5%	4%	6%	4%
Sum of % Caol	16.2	16.0	16.1	15.1	17.7	17.9	15.6	16.4	16.9
Sum of % Bclay	13.1	12.9	12.8	12.5	14.6	14.7	12.7	13.3	14.2
Sum of % Quar	35.9	34.1	34.2	36.5	33.9	33.8	33.2	34.5	34.6
Sum of % Calidad 1	44%	42%	42%	50%	42%	42%	58%	46%	91%
Sum of % ACF 3	11%	10%	10%	15%	10%	10%	10%	11%	10%
Sum of % ACF 4	34%	32%	32%	35%	32%	32%	48%	35%	81%
Sum of % ACF 5	26%	58%	32%	0%	35%	40%	42%	33%	7%
Sum of % ACF 6	29%	0%	27%	50%	23%	19%	0%	21%	1%
Sum of % ACF 7	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Solubilidad	36%	42%	41%	33%	45%	46%	36%	39%	38%
%Cuar/%Caol	2.2	2.1	2.1	2.4	1.9	1.9	2.1	2.1	2.0

Tabla 14 “ Plan de alimentación (Mineralogía)”

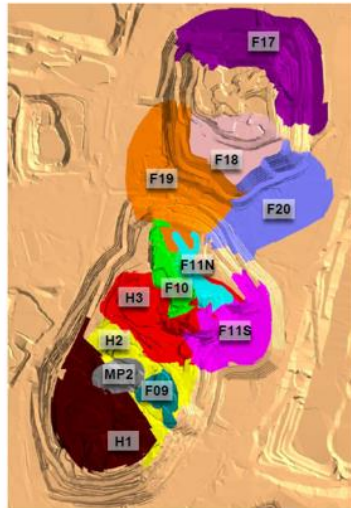
(Fuente: Plan de producción mina, Minera Spence)

iii. Plan de producción Movimiento Mina y Expit

Como ya se mencionó, una vez que ya tenemos la topografía inicial para el plan, y que ya aseguramos la alimentación a chancado en cantidad y calidad de mineral, ahora debemos utilizar los recursos remanentes en seguir con el desarrollo de la mina, siempre teniendo en consideración que debemos tener en cuenta cuanto es la cantidad de mineral remanente, es decir, que a medida que se nos va acabando el mineral en la mina, los ritmos de extracción del lastre para descubrir mineral deben ser igual o superior en tiempo, al ritmo de agotamiento de extracción del mineral, por ejemplo si existe una capacidad de mineral remanente de tres meses, a lo menos a los dos meses (máximo tres) debe estar expuesta la siguiente fase con mineral.

El material expit, está definido por todo el material que sale desde la mina a los distintos puntos de vaciado, ya sea a chancado, botadero o stock de mineral. El remanejo está compuesto por el mineral que desde los stocks va al chancado de forma de cumplir con los requerimientos de alimentación de mineral, ahora, el material movido por la mina es el material el expit mas el remanejo

Fases Spence 5YP20



- Requiere ser actualizado con F08
- Dado no extracción de Fase 19 el FY20
- Extracción total de Fase18 el FY20

Material por Fase

Fase		FY20	FY21	FY22	FY23	FY24
F11n	Mineral	Mt 3.4	0.4	-	-	-
	Lastre	Mt 0.8	0.4	-	-	-
F11s	Mineral	Mt 8.0	4.0	-	-	-
	Lastre	Mt 22.6	1.0	-	-	-
F17	Mineral	Mt -	0.2	8.8	8.7	-
	Lastre	Mt 29.1	14.5	7.1	5.7	-
F18	Mineral	Mt 9.6	1.8	-	-	-
	Lastre	Mt 2.6	1.6	-	-	-
F09	Mineral	Mt -	1.9	-	-	-
	Lastre	Mt -	1.3	-	-	-
F19	Mineral	Mt -	-	-	-	-
	Lastre	Mt 8.0	-	0.0	9.3	7.9
F20	Mineral	Mt -	-	-	-	-
	Lastre	Mt -	-	10.6	20.0	8.5
H1	Mineral	Mt 1.2	43.0	27.2	6.5	1.5
	Lastre	Mt 2.1	27.3	2.9	1.6	0.3
H2	Mineral	Mt -	0.2	32.3	33.5	28.0
	Lastre	Mt -	0.5	17.1	20.0	13.7
H3	Mineral	Mt -	-	-	2.4	41.2
	Lastre	Mt -	-	-	6.9	32.0
F10	Mineral	Mt 2.0	-	-	-	-
	Lastre	Mt 0.9	-	-	-	-
MP09	Mineral	Mt -	-	-	-	-
	Lastre	Mt 8.1	-	-	-	-

Imagen 12 “Fases de la mina (mineral y lastre)”

(Fuente: Plan de producción mina, Minera Spence)

iv. Plan de perforación y tronadura (P&T)

El plan de perforación y tronadura debe responder a los requerimientos que tiene la mina para el proceso de extracción de materiales, ya sean mineral o lastre puedan estar disponibles en el tiempo planificado, de manera que ningún equipo de carguío este detenido por no tener material que cargar, y sería aún más catastrófico si este equipo estuviese alimentando al chancado, o este en proceso de exponer mineral.

Como los recursos de perforación son limitados, se debe tener en consideración cuales son las prioridades de extracción, para generar los patios en los sectores que serán explotados y así, no mal gastar este recurso.

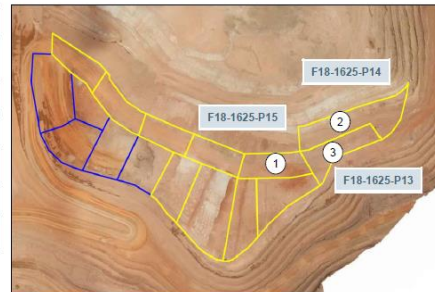
Además de considerar el área que se va a tronar, los patios de perforación tienen un diseño que es característico para tipo de roca, a su vez en el proceso de tronadura, debe tener una secuencia de detonación de explosivos y una cantidad de explosivos por pozo (factor de carga) que permita un posterior buen desempeño de los equipos de carguío.

El plan de consumo de explosivos para a la tronadura y pre corte es consecuencia del requerimiento del plan de movimiento de materiales desde las fases de la mina. Este

plan es construido en base a la caracterización en términos de calidad de las rocas que se extraerán y los diseños de perforación que se utilizarán para cada caso particular. A partir de esto, se determinarán los factores de carga para cada unidad litológica presente en el yacimiento.

PV03

PIT VIPER 03				
DIA	PERFORA PATIO	Mt x PATIO	MTS.PROGRAMA	Actividad
4-03-2019	F18-1625-P15	195	540	PCDL e IPTC F18 P14
5-03-2019	F18-1625-P14	2,107	540	
6-03-2019			540	
7-03-2019			540	PCDL e IPTC F18 P13
8-03-2019	F18-1625-P13	1,644	540	
9-03-2019			540	
10-03-2019			540	Construir acceso a P16 F18
Semana +1	F18-1625-P16			
Total		3,946	3,782	



PV03				
Fecha	Disp	Utili	Rend	Mpd
4-03-2019	87.8%	62.7%	41	540
5-03-2019	87.8%	62.7%	41	540
6-03-2019	87.8%	62.7%	41	540
7-03-2019	87.8%	62.7%	41	540
8-03-2019	87.8%	62.7%	41	540
9-03-2019	87.8%	62.7%	41	540
10-03-2019	87.8%	62.7%	41	540
Parámetros	87.8%	62.7%	41	3782

Imagen 13 “Plan de perforación”

(Fuente: Plan de Producción Mina, Minera Spence)

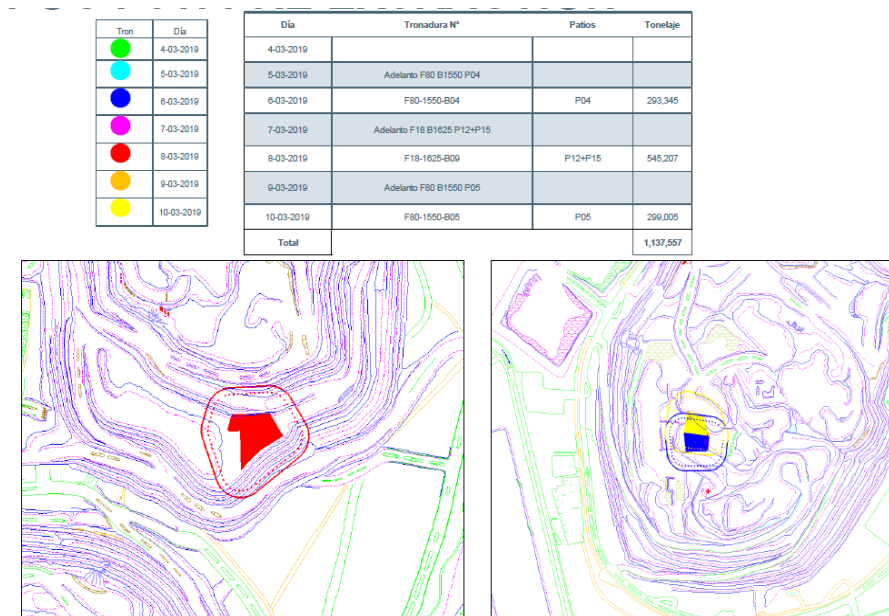


Imagen 14 "Plan de tronadura"

(Fuente: Plan de Producción mina, Minera Spence)

El Inventarios de mineral de la Mina es la proyección informada por el área de geología de producción como input dentro del proceso de planificación. La determinación de esta información es realizada mediante la proyección de los materiales disponibles e informados por la SI de Medición & Reconciliación y la información de remanentes de mineral de los planes de producción semanales y/o forecast mensuales.

7.2.3. Determinación del Plan de Ripios:

Al igual que el plan de Area Seca, considera que una vez entregados los inputs del área de Análisis y Mejoramiento del Mantenimiento para el plan, que incorpora la estrategia de mantenimiento y que corresponde al día, a las horas de mantenimiento, y a los equipos que afecta, se confecciona el plan con el objetivo de revisar si existen subutilizaciones en el proceso, así como las detenciones mayores que puedan afectar a la planta de operaciones Ripios.

En el caso de operaciones, el área de Análisis y Mejoramiento de la producción entrega la información de las detenciones programadas para realizar aseos u otras detenciones que afectan la utilización, como el giro de puente, cambio de campaña, así como la estadística de las detenciones no programadas para poder incorporar en el plan.

Con todo lo anterior y por medio de planillas en Excel, así como por medio del software Medsim, se estima los tonelajes diarios y mensuales, adicional se calcula las disponibilidades y utilizaciones del proceso de ripios.

En esta etapa se tiene en cuenta la mejor estrategia para optimizar el ciclo de lixiviación, esto debido a que se debe tener en consideración que el proceso de ripios es el que va “liberando” espacio en las pilas de lixiviación para el posterior apilamiento, siendo este proceso clave para la operación de la compañía.

Entre los inputs importantes para el performance de ripios, está el cumplimiento de los ciclos de lixiviación, donde en su última etapa, cuanto con un tiempo de drenaje, este tiempo en el que influye en la humedad del material, y esta humedad afecta directamente la estabilidad del botadero y del rendimiento del sistema

Fecha	Disponibilidad %	Utilidad %	Utilidad %	Mantenimiento		Operación		Horas Efectivas	Rendimiento				Tonelaje			TMH	Campaña	Modulo	Modulo		Distancia [Mod]		Shifting		Ascilla %	Ascilla %
				hrs Prog	hrs NP	hrs OP	hrs DMP		RCO1 (th)	RCO2 (th)	Total (th)	Ratio	RCO1 (ton)	RCO2 (ton)	Total (ton)				Dr / Sulf	Apilador	Drado	Sulfur	Drado	Sulfur		
vie 01-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	1500	2390	3890	39.61	23109	36869	60008	66909	Sulf	93.3	7.4	104.6	7.4	11.3	963.350	18.1	10.2	
sab 02-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	1500	2390	3890	39.61	23109	36869	60008	66909	Sulf	93.7	7.7	104.9	7.7	11.2	1023.358	18.1	10.2	
dom 03-mar	73%	69%	51%	2.0	4.4	3.8	1.6	12.1	1500	2390	3890	39.61	18211	29176	47228	52423	Sulf	94.1	7.9	105.2	7.9	11.1	1070.586	18.1	12.9	
lun 04-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	94.5	8.2	105.5	8.2	11.0	1130.594	18.9	12.9	
mar 05-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	94.9	8.6	105.7	8.6	10.9	1190.602	18.9	12.9	
mié 06-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	95.2	9.0	106.0	9.0	10.9	1250.610	18.9	12.9	
jue 07-mar	40%	80%	32%	12.0	2.4	1.0	0.9	7.7	2000	1890	3890	51.49	15426	14578	30004	33305	Sulf	95.6	9.2	106.1	9.2	10.5	1280.615	18.4	11.4	
vie 08-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	96.0	9.5	106.4	9.5	10.4	1340.623	18.4	11.4	
sab 09-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	96.4	9.9	106.6	9.9	10.2	1400.631	18.4	11.4	
dom 10-mar	73%	69%	51%	2.0	4.4	3.8	1.6	12.1	2000	1890	3890	51.49	24282	22946	47228	52423	Sulf	96.8	10.2	106.9	10.2	10.1	1447.659	18.4	11.4	
lun 11-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	97.2	10.6	107.1	10.6	10.0	1507.667	18.4	12.9	
mar 12-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	97.6	11.0	107.4	11.0	9.8	1567.675	18.4	12.9	
mié 13-mar	80%	28%	23%	0.0	4.8	1.8	5.4	2000	1890	3890	51.49	10563	10256	21188	23430	Sulf	97.8	11.1	107.5	11.1	9.7	1588.983	18.6	12.9		
jue 14-mar	67%	68%	45%	4.0	4.0	3.6	1.5	10.9	2000	1890	3890	51.49	21710	20516	42227	46972	Sulf	98.2	11.3	107.7	11.3	9.5	1631.210	18.6	12.9	
vie 15-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	98.5	11.7	107.9	11.7	9.4	1691.216	18.6	12.9	
vie 16-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	98.9	12.1	108.2	12.1	9.2	1751.227	18.6	15.3	
dom 17-mar	73%	69%	51%	2.0	4.4	3.8	1.6	12.1	2000	1890	3890	51.49	24282	22946	47228	52423	Sulf	99.3	12.4	108.4	12.4	9.0	1798.454	18.6	15.3	
lun 18-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	99.7	12.8	108.7	12.8	8.9	1858.462	18.6	15.3	
mar 19-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	100.1	13.1	108.9	13.1	8.8	1918.470	18.6	15.3	
mié 20-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	100.5	13.5	109.2	13.5	8.7	1978.478	18.6	14.6	
jue 21-mar	40%	80%	32%	12.0	2.4	1.0	0.9	7.7	2000	1890	3890	51.49	15426	14578	30004	33305	Sulf	100.9	13.7	109.3	13.7	8.4	2008.483	18.6	14.6	
vie 22-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	101.2	14.1	109.6	14.1	8.3	2068.491	18.6	14.6	
sab 23-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	101.6	14.4	109.8	14.4	8.2	2128.499	18.6	14.6	
dom 24-mar	73%	69%	51%	2.0	4.4	3.8	1.6	12.1	2000	1890	3890	51.49	24282	22946	47228	52423	Sulf	102.0	14.7	110.0	14.7	8.0	2178.527	18.6	14.6	
lun 25-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	102.4	15.1	110.3	15.1	7.9	2238.535	18.2	14.0	
mar 26-mar	80%	80%	32%	12.0	2.4	1.0	0.9	7.7	2000	1890	3890	51.49	15426	14578	30004	33305	Sulf	102.6	15.3	110.4	15.3	7.8	2298.543	18.2	14.0	
mié 27-mar	0%	0%	0%	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sulf	102.6	15.3	110.4	15.3	7.8	2298.543	18.2	14.0	
jue 28-mar	40%	80%	32%	12.0	2.4	1.0	0.9	7.7	2000	1890	3890	51.49	15426	14578	30004	33305	Sulf	102.8	15.5	110.6	15.5	7.7	2358.551	18.2	14.0	
vie 29-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	103.2	15.8	110.8	15.8	7.6	2418.559	18.2	14.0	
sab 30-mar	80%	80%	64%	0.0	4.8	2.0	1.8	15.4	2000	1890	3890	51.49	30853	29156	60008	66909	Sulf	103.6	16.2	111.1	16.2	7.5	2478.567	18.7	12.2	
dom 31-mar	73%	69%	51%	2.0	4.4	3.8	1.6	12.1	2000	1890	3890	51.49	24282	22946	47228	52423	Sulf	104.0	16.5	111.3	16.5	7.3	2462.907	18.7	12.2	
	70.6%	76%	54%	86	132.55	75.6	48.9	12.9	1.887	1.877	3.890		780.377	779.268	#####	#####			12.06	108.15	12.06	9.27	18.26	13.38		

Tabla 15 "Plan de ripios"

(Fuente: Plan de Producción Ripios, Minera Spence)

Junto con este proceso, se debe revisar la Secuencia de Campañas de Mineral, que se determina de acuerdo a las cantidades a apilar en cada uno de los PADs (Pad oxido o Sulfuro), de esta secuencia dependerá los aportes de cobre que defina como salida del plan, capacidades de la planta, cambios de campañas, optimizaciones, etc., pero también depende de la performance del Area de Ripios, la cual se analiza en gráficos de acercamiento de puentes, que se utiliza para tomar decisiones de cambio de campaña o de variaciones en otros parámetros operacionales.

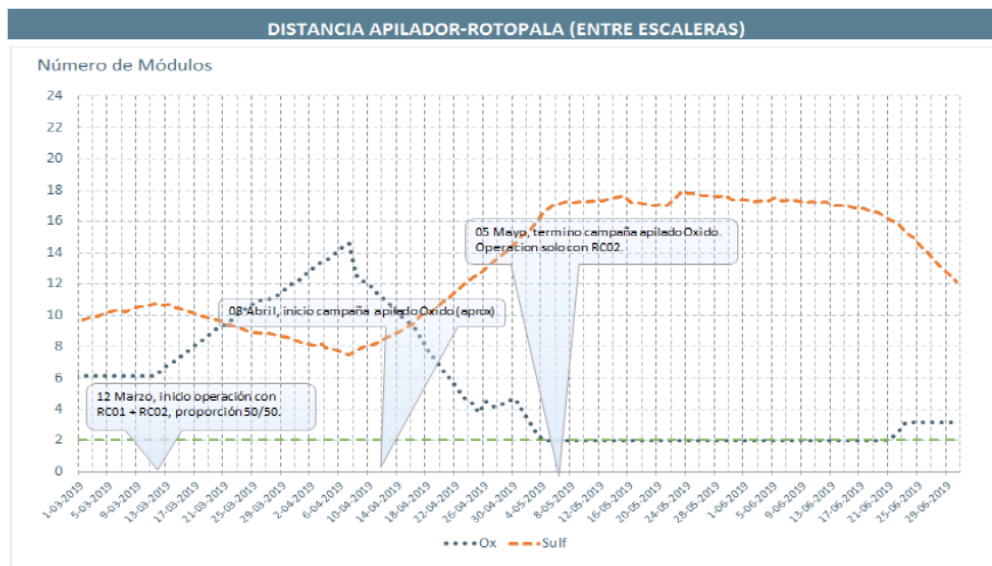


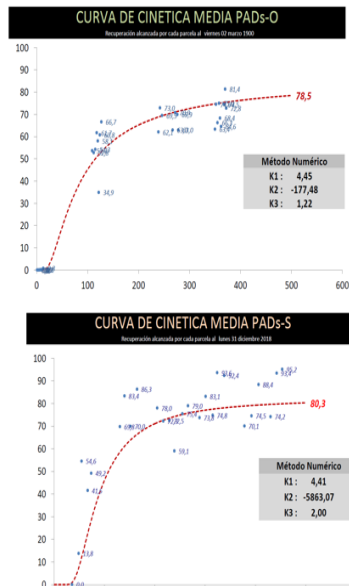
Gráfico 7 "Distancias entre puentes (Apilador-Rotopalas)"

(Fuente: Plan de Producción Ripios, Minera Spence)

7.2.4. Determinación del Plan de lixiviación

Una vez que tenemos determinado las leyes y demás especificaciones mineralógicas, lo que nos entrega la cantidad de Cobre fino que existe en cada Pad y en cada módulo se procede a calcular los aportes de lixiviación desde las pilas, para lo cual se requieren 3 inputs:

- i. WIP (Work in process) real a la fecha del ultimo cierre de mes (Pilas en riego continuo), a partir de esto se proyecta las recuperaciones de las pilas que están en riego, teniendo en cuenta la fecha de riego. Esta actividad la realizan las áreas de M&R, A&I y Planificación de la producción
- ii. b.- WIP (Work in process) real a la fecha del ultimo cierre de mes (Pilas en reposo y/o humectación), a estas pilas se asignan las recuperaciones según forecast y/o proyectos entregadas por A&I o proyecto
- iii. Pilas que van a ser cargadas acorde al plan de área seca y plan de mineral de alimentación a chancado, a estas pilas se asigna las recuperaciones según Forecast y/o proyectos entregadas por A&I o proyecto



Cinética de Lixiviación

En base al comportamiento actual de las cinéticas de las parcelas productivas, se describen los modelos cinéticos predictivos del comportamiento de la recuperación de las pilas, las cuales apuntan a una media de 78,5% en PAD Ox y 80,3 en PAD Sf.

Construcción y operación de pilas

La construcción de pilas debe considerar las siguientes características de operatividad:

- Altura de pilas 6,0 metros
- Líneas de aireación de 4 pulgadas instaladas cada 3 metros.
- Tiempo de Reposo de 30 días
- Tiempo de Humectación de 20 días
- Ciclos de lixiviación:
 - Días 1 al 90 con Refino
 - Días 91 al 180 con DPLS/ILS
 - Días 181 al 270 con Refino
 - Desimpregnación con un mínimo de 40 días.

Imagen 15 : “Curvas de recuperación para la construcción del plan de Lixiviación”

(Fuente: Presentación Inputs F08, Minera Spence)

Con la cinética de las recuperaciones, en conjunto con el cobre fino cargado y WIP conforman los aportes mensuales desde lixiviación, que van a ser extraídos en SX y posteriormente ser depositados en la nave de electro obtención.

Inventarios de mineral de la Planta se define como el cobre impregnado en todas las pilas que están en riego y el cobre que está en las pilas en estado de carga, reposo y/o humectación, de esta forma hace referencia a las pilas cuyos aportes están sobre la fecha de término de un periodo determina x (Por ejemplo 1 mes o 1 año)

7.2.5. Determinación del Plan de Cátodos

Como etapa final del proceso de construcción del plan de producción de Cu, se estima la cantidad de cobre que ingresa en las soluciones a la nave, pero también depende del performance de la nave, la recuperación, el rendimiento, utilización y disponibilidad de las maquinas despegadoras de cátodos, la calidad catódica que tendrán los cátodos cosechados (A, B OFF y OFF), acorde a la estadística que se tiene en la nave en el último periodo.

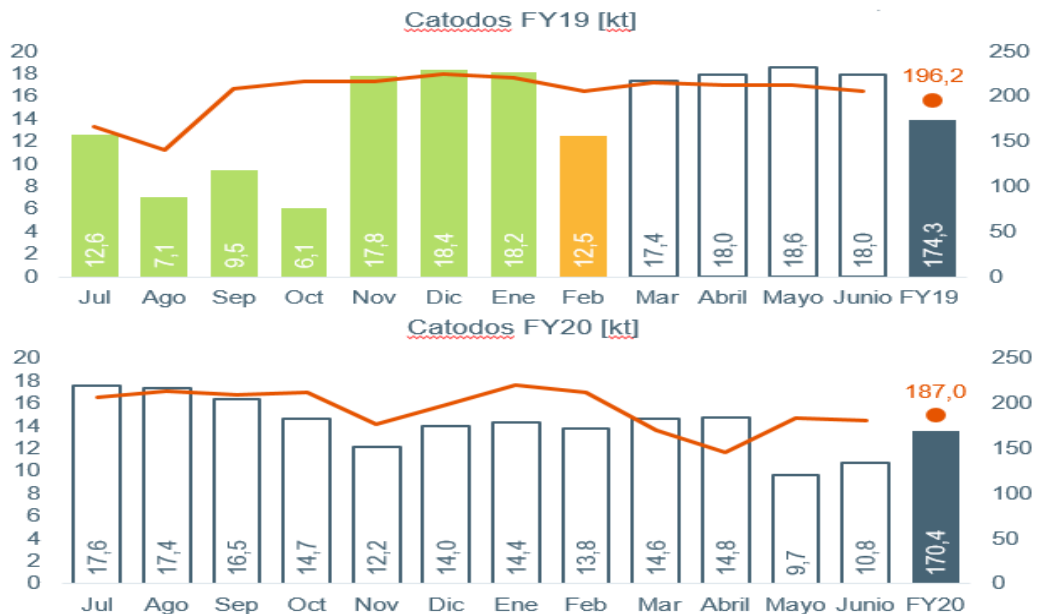


Grafico 8 "Ejemplo de Producción de cátodos de Cobre"

(Fuente: Plan de Producción Cátodos, Minera Spence)

7.2.6. Determinación del Plan General de Producción

Una vez finalizado cada plan de producción, para cada área, se debe revisar como se ve este plan maestro del punto de vista general, como organización. Para esto se presenta los resultados de cada uno de los planes en una tabla resumen que muestra las variaciones que existe de este plan con los ejecutados anteriormente y cuál es la proyección que se espera para el cierre del proceso, que es con el cual se generan los compromisos internos y de venta de cobre en el mercado mundial.

También con estos resultados se provisionan los insumos necesarios para el plan de producción y los proyectos que son necesarios para aumentar o mantener la producción en cada una de las áreas.

El objetivo de esta etapa del proceso es revisar el Plan de producción el cual ha sido desarrollado sobre los criterios del Asset, tomando en consideración todos los inputs detallados anteriormente. Una vez que el equipo de planificación ha completado el plan, que satisfaga las metas establecidas y acordadas al inicio del plan, éste deberá ser presentado a la instancia de aprobación, con los formatos establecidos y con los respaldos correspondientes. Cada tipo de plan requiere de aprobación superior antes de su liberación final.

Con esta información y como resultado final de las etapas anteriores se toman los compromisos con la organización, pero ahora, una vez finalizado todo este proceso es muy importante analizar cuál es la real capacidad de cumplimiento del plan, Qué probabilidad de ocurrencia tiene este plan, analizar si existen riesgos/oportunidades al plan, y si realmente conocemos todo lo que no está en el plan de producción, para tener la certeza del cumplimiento de este plan

Es importante que los planes anteriores tengan la calidad de input y de construcción del plan, de forma de al presentar este plan general, tenga una continuidad y resultados que se alineen con el plan estratégico de la compañía.

i. Aprobaciones de Plan de Producción

Cada tipo de plan requiere de aprobación superior antes de su liberación final. Las aprobaciones deben estar alineadas con los requerimientos de la compañía como lo he comentado anteriormente.

La aprobación de los planes mineros será registrada formalmente en un documento cuyo formato estará definido por cada compañía. Este documento incluirá el siguiente contenido mínimo:

- Respaldo de los Inputs Aprobados
- Reportes claves del plan minero (movimientos de materiales, tonelajes y leyes de alimentación a procesos, producción de cobre fino, contenidos de contaminantes e impurezas, equipos considerados, etc.)
- Firmas de los aprobadores
- Versión de los documentos

ii. Registro y respaldo documental del plan aprobado

El plan aprobado y sus respaldos son requeridos para ser ejecutados por las áreas operativas correspondientes y forman la base de planificación del siguiente ciclo. Para responder a este fin último el Asset deberá asegurar que el documento plan y sus instrumentos de respaldo cumplan los siguientes requisitos:

- Ser compatibles para su ingreso a 1SAP.
- Quedar depositados en una base depositaria dentro del Asset de acceso público (usuarios autorizados de diferentes áreas).
- Ser codificados con nomenclatura estándar de el Asset (nombre, secuencia, versión, etc.)
- Ser respaldados para su acceso posterior en el tiempo (mínimo 5 años).
- Se considera respaldo, todo documento (planillas de cálculo, gráficas, diseños de fases, objetos geométricos, figuras, topografías, etc., utilizado en la elaboración del plan como input, supuestos, resultados intermedios y/u outputs.

iii. Reportes del Plan

Se debe generar un reporte del plan con el propósito de comunicar tanto los resultados obtenidos como las consideraciones en las que se basaron las decisiones utilizadas en la generación del mismo. El reporte debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Resumen ejecutivo con los resultados relevantes y los puntos críticos para el éxito del plan.
- Todas las tablas de datos y diagramas generados por las herramientas de planificación utilizadas.

- Los reportes deben ser simples y "aptos para el propósito", destacando sólo la información clave requerida por los principales clientes del horizonte de planificación de la mina respectiva, evitando la dilución de la información clave para lo cual este informe está diseñado.

iv. Comunicación de Planes

La finalidad de todo plan es terminar en acción, vale decir, en que el proceso productivo ocurra en una determinada manera. Para asegurar entendimiento y alineamiento de las distintas áreas involucradas en la ejecución y gestión del plan, la forma y oportunidad de comunicar y divulgar los planes debe estar establecida y aprobada dentro la compañía.

Los responsables de la comunicación de los planes deberán quedar registrados de acuerdo a lo indicado en la sección Reuniones, Participantes y Roles.

El Output de esta etapa es el Plan de Producción es aprobado o rechazado. Si es aprobado este debe ser publicado a todos los stakeholders. El método usado para comunicar esta información es vía email e intranet. Todos los stakeholders deben estar informados del Forecast de producción de la Operación.

KVD	Mar			Abril			Mayo			June			FY19			FY20		
	F08	FF11 (Budget)	FA	F08	FF11 (Budget)	FA	F08	FF11 (Budget)	FA	F08	FF11 (Budget)	FA	F08	FF11 (Budget)	FA	F08	FF11 (Budget)	FA
Extracción Mina (kt)	7,183	7,490*	96%	7,469	7,282*	103%	7,587	7,674*	99%	7,544	7,070*	107%	86,257	89,883*	96%	96,244	106,137	91%
Movimiento Mina (kt)	8,187	8,255*	99%	8,417	7,867*	107%	8,124	8,420*	97%	7,994	8,122*	98%	100,474	100,012*	100%	105,002	112,678	93%
Ley CuT (%)	0.90	1.06	85%	0.95	1.08	88%	0.82	1.03	80%	0.91	1.07	85%	1.05	1.11	95%	0.94	1.03	91%
Apilamiento (kt)	1,842	1,812	102%	1,811	1,841	98%	1,836	1,790	103%	1,907	1,763	108%	21,021	21,369	98%	20,894	21,313	98%
CuF Pilas (kt)	16,6	19,2	86%	17,2	19,9	86%	15,1	18,4	82%	17,4	18,7	93%	222,4	237,2	94%	197,2	219,5	90%
Reclamo Roto (kt)	1,560	1,927	81%	1,587	1,389	114%	1,683	1,971	85%	1,367	1,863	73%	18,882	21,518	88%	22,830	23,100	99%
Cátodos (kt)	17,2	17,3	101%	17,8	17,0	106%	18,0	17,1	109%	17,7	16,5	109%	173,0	196,2	88%	170,4	187,0	91%

Tabla 16 "Ejemplo de Plan de Producción"

(Fuente: Elaboración Propia)

El Plan de producción deberá ser cargada vía interface local denominada "MII interface". La carga del Plan de Producción será por medio de un *template*, el cual contempla los pasos que se muestran en el siguiente diagrama

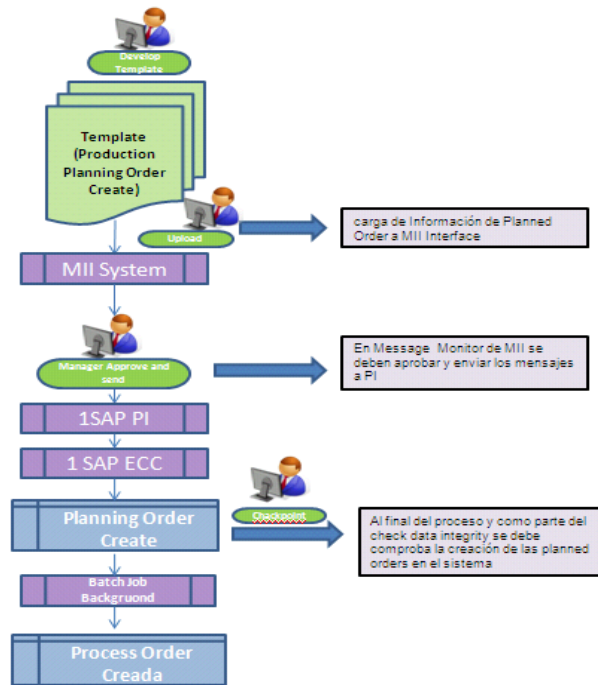


Imagen 16 “Plan de Producción”

(Fuente: Confección Plan de Producción, Minera Spence)

El objetivo de este proceso es cargar el Plan de Producción en 1SAP para producir Planned Orders, y luego Process Orders.

Para el este proceso será necesario contar con la siguiente información:

- Estimación del Plan de Mineral a Chancado
- Estimación del Plan de Secuencias de Apilamiento y Ripios
- Estimación del plan de alimentación de leyes, calidad e impurezas
- Estimación del perfil de producción

Esta información será lo principal a presentar durante la primera revisión la cual es realizada en conjunto con las áreas de A&I y mantenimiento. El objetivo de esta sesión es poder obtener feedback de los principales resultados del plan.

Lo anterior es complementado con el análisis de riesgos del plan de producción, etapa que analizaremos a continuación.

7.3. Análisis de riesgos y oportunidades.

La mayoría de los planes de producción en la minería, solo contemplan hasta la etapa del capítulo anterior, es decir la entrega del plan y aunque se detalló cada paso de esta confección del plan, donde se hizo mayor hincapié en la generación y entrega de input, y la calidad de estos para la entrega de un plan de excelencia, no hay certeza que este plan se cumpla en un 100%, debido a que existen factores externos (mercado y precio del cobre) y factores internos que afectan directamente con el cumplimiento del plan.

Es por esto que se hace fundamental e importante realizar un análisis de Riesgos y Oportunidades del Plan de Producción, de lo contrario, el éxito del plan (si ocurriera) es solo fortuito. Entonces debemos asegurar que no existan los imprevistos (o que se disminuyan al mínimo) que afectan a las metas planteadas, y por supuesto a las expectativas que se presentan en la organización.

Como se mencionó en el marco teórico, considerando como el comportamiento del mercado mundial del cobre, al existir una variabilidad e incertidumbre en el precio del cobre, que es un factor que no podemos influenciar directamente como si fuese un mercado de oferta y demanda, debemos tener las herramientas que permitan ser más predecibles, más competitivos, más productivos, de forma que los imprevistos no mermen nuestra producción, pero que tampoco nos afecten en nuestros costos, es decir una operación que es predecible y que está bajo control.

De los factores antes mencionados hay uno que es particularmente importante para la introducción de nuevas herramientas de evaluación de planes mineros y que es la *incertidumbre*.

Las decisiones se toman bajo certidumbre si el producto de dicha decisión es conocido anteriormente, de forma perfecta, por quien evalúa y toma la decisión. De esta forma, el concepto de certidumbre está ineludiblemente ligado a un producto que se obtendrá en un tiempo futuro, el cual se caracteriza por ser perfectamente predecible. En la minería si bien la mayoría de las decisiones no se realiza en un medio ambiente completamente cierto. Pese a que ninguna de estas decisiones puede ser considerada en estricto rigor como realizada en un contexto de absoluta certidumbre, lo cierto es que la experiencia (y en algunos casos la teoría) ha enseñado a quienes toman estas decisiones que la mejor forma de plantear el problema y resolverlo es como si éste se encontrara inserto en un medio ambiente predecible.

Por su parte, la incertidumbre se refiere precisamente a la carencia de certidumbre y a la imposibilidad de pronosticar de forma precisa las retribuciones futuras asociadas con el Plan.

En minería, muchos de los supuestos de los parámetros de los Planes de Producción son inciertos. En este sentido, ni los ingresos ni egresos que generará un plan de producción pueden ser conocidos anteriormente debido a que tanto los precios de los commodities minerales como los costos de los insumos de producción, además de la misma producción, son todos inciertos en mayor o menor grado.

El análisis de Riesgos y Oportunidades considera un conjunto de Riesgos sobre el Plan de producción construido y as Oportunidades que indican una mejora de los supuestos ya entregados en el plan y que no fueron evaluados previamente. El análisis de Riesgos y Oportunidades debe ir acompañado de un análisis, estadístico o de sensibilidad para cuantificar el impacto en la producción de cobre considerando los diferentes eventos y su probabilidad de ocurrencia por sí mismos durante el período en que se aplica el Presupuesto.

Como ejemplo, se pueden considerar los siguientes eventos:

- Fallas estructurales de equipos críticos, que afectan el tonelaje Chancado
- Cierre de accesos de mineral en la mina
- Impacto de las operaciones por condiciones climáticas adversas
- Pérdidas de recuperación debido a: alto contenido de arcilla, déficit de ácido, problemas de operación de sal
- Fallas en el equipo de mina, disminución de la productividad
- Incremento de producción debido a la implementación de proyectos

En forma paralela se realiza el levantamiento de los riesgos y oportunidades, proceso que consta de las siguientes etapas:

- Recopilación de los principales riesgos y oportunidades detectadas en cada una de las áreas productivas (mina, planta: área seca, ripios, área húmeda, otros) junto con la asignación de probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos detectados
- Análisis de los riesgos y oportunidades identificados
- Cuantificación del impacto de cada riesgo y oportunidad detectada anteriormente
- Generación de planes de acción para la mitigación y/o eliminación de los riesgos, así como también la generación de las oportunidades que permitan la captura de beneficio para el negocio.

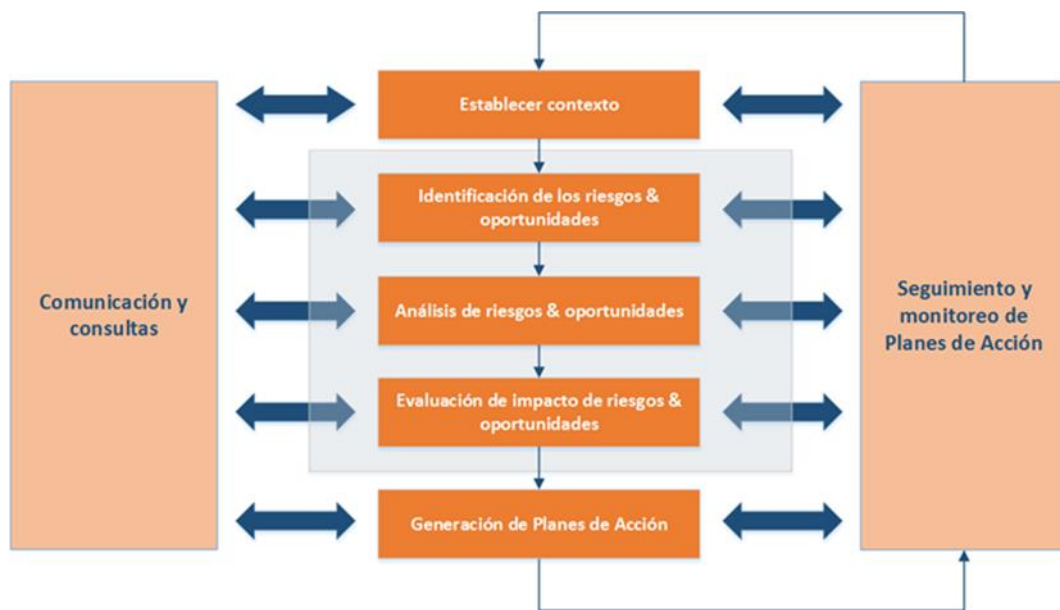


Imagen 17 : “Flujo para la generación de Riesgos y Oportunidades para el Plan”

(Fuente: Play Book de Planificación de BHP)

Este análisis debe dejarse escrito en una matriz de riesgos y luego en un diagrama de burbujas para visualizar esquemáticamente cuales son los R&O más “importantes”, Grafico que revisaremos más adelante.

Procederemos a revisar cada etapa del análisis de Riesgos y Oportunidades

7.3.1. Identificación de Riesgos & Oportunidades (R&O)

Esta etapa tiene como objetivo entregar los lineamientos básicos para la detección de los Riesgos y Oportunidades que pueden incidir en el cumplimiento del Plan de Producción Minero.

El alcance de esta etapa, se basa en los documentos entregados por el Plan de Producción; elaborado a partir de la recopilación y análisis de inputs entregados por el área de mantenimiento, operaciones e ingeniería.

Para dar el inicio al proceso de identificación de R&O, se debe reunir en una actividad programada (Reunión/ Taller/ Team Building) dentro del proceso de planificación, y debe incluir a un equipo multidisciplinario de la organización, es importante que participe personas de todas las áreas y de todos los niveles organizacionales.

En esta actividad se presenta los inputs y los planes de producción, de forma de tener la visión general de los resultados, que ya son conocidos con anterioridad, pero son importante para dar el Kick Off del inicio de las actividades de revisión, cuáles son sus alcances y que se espera del taller.

Una vez que ya tenemos toda la información, se comienza a recopilar en primera instancia, cuales son los riesgos que se observan para este plan, ya sean del punto de vista del cumplimiento del input, la interrelación de cumplimiento de actividades cruzadas, eventos externos, o todo tipo de actividades que afecten al plan. Se debe usar la metodología de “Lluvia de ideas”, donde todos los comentarios son validados, no se debe descartar ninguna apreciación, no se debe hacer comentarios sobre alguna idea planteada, es una etapa de recopilación, no es la etapa de analizar, esa etapa es posterior y viene a continuación.

Con el objetivo de mejorar la definición y procesamiento en el análisis de los riesgos identificados, es importante clasificarlas según el origen de las mismas. es por esto, que dependiendo si estos R&O son originados por eventualidades propias de la operación, y que se generan por responsabilidad propia de las áreas, es posible asignarlas como “internas”

Del mismo modo, las de origen externa son aquellas que no son propias de la operación, y, por lo tanto, no están dentro de la gestión de la operación evitar que se “desarrollen”, pero si es responsabilidad de la operación considerarlas de forma de tomar medidas paliativas, como lo es el Mercado del Cobre, sus precios y otras variables macroeconómicas, tales como los costos de los insumos y el tipo de cambio. La Tabla 8.8 detalla un conjunto de riesgos externos en minería.

Tipo	Incertidumbres más comunes
Mercado	Precio del <i>commodity</i> principal, precio de subproductos, tasa de cambio, precios de energía y otros insumos críticos, costos de mano de obra, monto de la inversión, tasa de descuento
Financiera	Tasa de interés, disponibilidad de recursos financieros
Política	Expropiación de recursos, estabilidad gubernamental
Legislación	Cambio en tasa de impuesto y/o <i>royalties</i> , cambio en leyes laborales
Sociales	Demandas de la comunidad, estabilidad social
Ambientales	Cambio en la regulación (material particulado, gaseoso u otros), permisos ambientales
Comerciales	Cambio en especificaciones de compra
Industriales	Guerra de precios, producción del resto de productores, confiabilidad de los proveedores, entrada de nuevos productores, poder de mercado de los clientes, sustitución
Tecnológicas	Mejoramiento de la tecnología actual, capacidad de tratamiento de nuevo mineral

Tabla 17 "Incertidumbres externas"

Fuente: “INVERSIÓN BAJO INCERTIDUMBRE” por Juan Ignacio Guzmán.

(www.mch.cl • Mayo 2011 / n° 359)

En cuanto a los riesgos de origen interno, son propios de cada operación, y que está en relación a los recursos propios y el estado de ellos. Los principales tipos de fuentes de incertidumbre interna en minería se detallan en la Tabla 18.

En esta tabla los riesgos aparecen sin impacto, de forma que no se considera si el efecto sobre el valor económico del plan es positivo o negativo.

Tipo	Incertidumbres más comunes
Geológica	Distribución de leyes, tonelaje de reservas, continuidad de las unidades geológicas, variabilidad del índice de Bond
Geotécnica	Colapso de roca, estallido de roca, falla en paredes de la mina
Metalúrgica	Recuperación (%), tiempo de procesamiento (cinemática), calidad del producto
Operacionales	Disponibilidad de equipos, disponibilidad de recursos humanos, falla en infraestructuras, variabilidad de la mezcla a planta, disponibilidad de insumos, ambiental, dilución, productividad de equipos, condiciones climáticas
Proyectos	Atraso de proyectos, <i>Ramp up</i> , Capacidad de extracción, Capacidad de procesamiento
Organizacionales	Huelgas, productividad laboral

Tabla 18 "Incertidumbres internas "

Fuente: "INVERSIÓN BAJO INCERTIDUMBRE" por Juan Ignacio Guzmán.

(www.mch.cl • Mayo 2011 / n° 359)

Para las Oportunidades se debe realizar el mismo tratamiento que para los Riesgos, teniendo en consideración que pueden ser de origen interno o externo y que estas oportunidades nos pueden ayudar a mejorar la producción establecida en el plan. Las Oportunidades, que se pueden definir que son las que entregan valor adicional al negocio, nos ayudan a neutralizar los Riesgos existentes, es por esto que también tienen un relevancia y tratamiento igual que los Riesgos

Una vez que contemos con el listado de los riesgos y oportunidades para la operación, pasamos a la etapa siguiente que es la evaluación de cada uno de estos ítems.

Para el caso de ejemplo del plan, consideraremos Riesgos y Oportunidades, que fueron elegidos arbitrariamente de modo de ejemplo para el ejercicio.

7.3.2. Impacto y Probabilidad de Riesgos & Oportunidades

Una vez que este capturado todos los riesgos y oportunidades por área, se debe proceder al cálculo del impacto que éstos implican en las metas productivas. Este cálculo

se debe realizar en función del tonelaje catódico perdido o ganado según el riesgo y/o oportunidad, de forma de definir el impacto en el plan

En esta instancia también se debe asignar una probabilidad de ocurrencia para cada riesgo y oportunidad en base a información existente y al criterio experto de cada área.

Este es una buena instancia para debatir, analizar cuanto conocemos de los R&O que tenemos en nuestro plan y para nuestras actividades, nos muestra el control que tenemos sobre los resultados productivos esperados.

En esta discusión debemos, identificar cual es la probabilidad de ocurrencia de este R&O (Riesgos y Oportunidades), apoyado según la matriz de severidad y probabilidad que se cuenta en la compañía, pero también existe el juicio experto de cada uno de los integrantes del comité participativo de esta sesión. Estos R&O, también pueden ser analizados por las distintas herramientas de probabilidad que hemos mencionado, u otro tipo de análisis que existe en el mercado. Lo principal de esta etapa es saber que tan expuesto estamos a fallas que puedan afectar nuestros planes

Incertidumbre	Negocio	Proyectos	Factor de probabilidad
	Con base en la experiencia de BHP y la industria y las condiciones esperadas a futuro, el evento de riesgo:	Con base en la experiencia de BHP y la industria y las condiciones esperadas a futuro, en estudios o proyectos similares, el evento de riesgo:	
Casi seguro	Podría ocurrir más de una vez al año.	Podría esperarse que ocurra más de una vez durante el estudio o la entrega del proyecto.	10
Probable	Podría ocurrir durante un período de presupuesto de 1 - 2 años.	Podría ocurrir fácilmente y ha ocurrido generalmente en estudios o proyectos similares.	3
Posible	Podría ocurrir durante un período de planificación estratégica de 5 años.	Ocurrió en una minoría de estudios o proyectos similares.	1
Improbable	Podría ocurrir en un plazo de 5 a 20 años.	Se tiene conocimiento de que ha ocurrido, pero muy rara vez.	0,3
Inusual	Podría ocurrir en un plazo de 20 a 50 años.	No ha ocurrido en estudios o proyectos similares, pero podría ocurrir.	0,1
Muy inusual	Para fallas de sistema: • Esta consecuencia no ha ocurrido en la industria en los últimos 50 años. Para peligros naturales: • El período de recurrencia pronosticado para un riesgo de esta fuerza/magnitud es uno en 100 años o más.	Concebible, pero únicamente en circunstancias extremas.	0,03

Tabla 19 "Tabla de incertidumbre y probabilidad"

(Fuente: "Ponderación de la incertidumbre, BHP")

A continuación, debemos transformar todos estos R&O en un valor común, esto es, que no podemos evaluar un R&O, en distintas unidades de medida, como por ejemplo no es posible comparar Material Movido desde la Mina, con el material Reclamado de Rípios, aunque ambos se miden en tonelaje, no existe en primera instancia una comparación directa, pero si en los impactos de los resultados finales; otro ejemplo es la

recuperación de cobre desde las pilas, que este último se mide en porcentaje, y el Movido Mina en tonelaje. Pero sin embargo, cada uno de estos ítems los podemos llevar a Cobre Catódico por su impacto en los resultados.

Para transformar cada impacto de los R&O, es fundamental el trabajo primero de los expertos de cada área, para dimensionar en cuanto podría afectar un evento, y luego es muy importante la sensibilidad que pueda realizar el equipo de planificación, para transformar esta detención en cobre catódico al realizar sensibilidades en los planes

Daremos un ejemplo que puede ser directo o lineal en el cálculo de cobre catódico. Suponiendo en el caso de que el chancado tenga un inchancable (acero de un equipo de la mina), los primeros en definir la posibilidad de que este evento ocurra son los equipos de la mina, que según su experiencia y número de eventos que ha ocurrido la pérdida de un elemento inchancable, y además número de veces que este se ha ido al chancado, nos pueden entregar una probabilidad de ocurrencia.

El siguiente paso del ejemplo anterior, es que el equipo de Mantencion Area Seca, determine según su criterio experto, según su experiencia y eventos similares, cuanto es el tiempo que podría tardar en poner operativo nuevamente el chancado. Adicionalmente el equipo de operación de Area Seca, también determina cuanto seria el tiempo de ramp up, que podemos tener nuevamente en régimen el chancado.

Con la propuesta anterior, el equipo de planificación, toma esta información y realiza análisis de sensibilidad, “corriendo” planes y cuantificando este riesgo según la variación que existe con el plan original, versus esta sensibilidad, cuantificando está perdida en cobre catódico, lo que podemos ver en la siguiente tabla:

Area Seca	Probabilidad	Impacto (kt)	Consideraciones
Inchancable a CR001	38	1,3	Se considera 2 día de pérdida de producción de cátodos, si existe un inchancable que detiene la operación y él envió de mineral a la planta

Tabla 20 “Ejemplo de Probabilidad e Impacto de inchancable”

(Fuente: Elaboración Propia)

Identificado el riesgo, con su probabilidad de ocurrencia y determinado su impacto en términos de tonelaje de cobre catódico, se lleva esta información a un gráfico de burbujas en el cual la abscisa corresponde a la probabilidad de ocurrencia y en la ordenada se identifica el impacto en término de toneladas de cobre catódico. Esto debe

realizarse para todos los R&O, de forma de poder después graficarlos todos con una mirada global del negocio

En la gráfica burbujas se designarán en color gris las oportunidades que capturan un beneficio dentro del corto plazo. Aquellas burbujas con fondo blanco son aquellas que representan un beneficio que se verá reflejado en el WIP. En cuanto a las burbujas de color naranja, éstas representan los riesgos. Esto se podría apreciar en una gráfica similar a la que se adjunta.

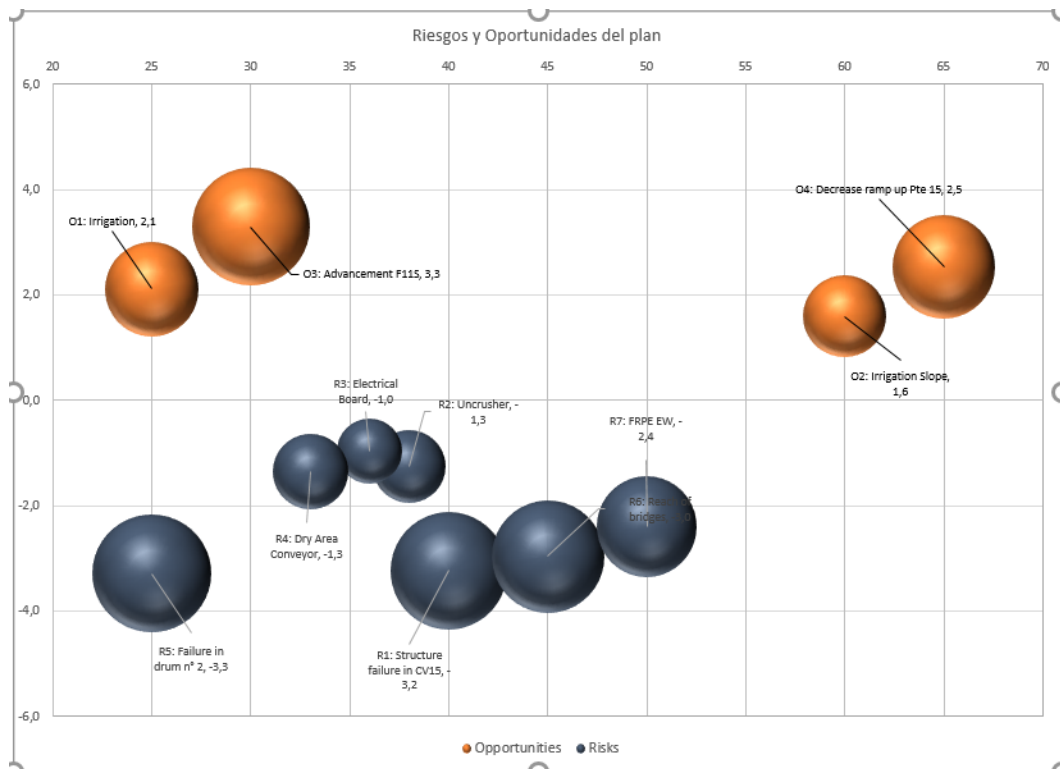


Grafico 9 “Ejemplo de Grafico de Burbujas de Riesgos y Oportunidades”

(Fuente: Elaboración Propia)

7.3.3. Control de Riesgos y Oportunidades

Es importante que una vez identificados todos los riesgos y oportunidades del plan (R&O), que significa que ya tenemos todo el escenario de los posibles imponderables que nos puedan afectar, debemos gestionar un control de estos eventos, esto implica estar preparados, de forma que si se llegan a generar o se “activan”, sus consecuencias negativas para el plan sean nulas o mínimas, que no sean sorpresivas, y de esta forma saber cómo actuar en el mínimo tiempo, en consecuencia con lo planteado en el plan de

producción, además de ejecutar las oportunidades con calidad y tiempo. El proceso de control se detalla con las siguientes etapas:

7.3.3.1. Generación de planes de acción.

Para cada riesgo y oportunidad es necesario generar un plan de acción, con el objetivo de mantener en control cada evento, para lo cual, se generan reuniones por separado con los representantes de cada área y se revisan los principales trabajos actividades que permitan controlar y mitigar la probabilidad de ocurrencia de éstos, en el caso de los riesgos y aquellas acciones que favorezcan la ocurrencia de las oportunidades identificadas.

Existen más de una actividad para cada plan de acción, así cada uno de los eventos descritos como riesgo y oportunidad, la forma de mantener bajo control los riesgos que se establecieron como de mayor impacto para la organización, es dividirlo en etapas y actividades. Esto es posible mediante el diseño del Plan de Acción que debe considerar los siguientes puntos

- Se deben considerar que dicho plan de acción debe tener un objetivo claro, conciso y medible. Se debe iniciar el plan de acción entendiendo lo que se espera lograr con la realización de él y el tiempo que se requiere para cerrar la brecha.
- Este plan de acción debe ser alcanzable y realista en los plazos propuestos, de forma que también ayude en la motivación del equipo en los planes siguientes y los objetivos propuestos.
- A partir de este punto se deben especificar las estrategias que se seguirán para lograr dicho objetivo. Éstas deben mostrar los lineamientos que se seguirá durante el desarrollo y ejecución del plan de acción.
- Luego, se debe plantear los pasos a seguir o tareas de cada una de las estrategias planteadas. Las tareas deben ser lo más específicas y detalladas posibles, reflejando cada paso necesario para lograr su objetivo
- Las tareas deben tener tiempos específicos, fechas de inicio y fechas de finalización, para lo cual es aconsejable adaptar al formato del plan de acción una gráfica de Gantt para tal propósito
- Se deben asignar los responsables de cada tarea, quienes preferentemente deben ser los que están involucrados en la ejecución del plan de acción.
- Cada responsable, conoce las tareas que debe ejecutar para cumplir con las estrategias planteadas y lograr el objetivo final del plan de acción

A continuación, y siguiendo con el ejemplo del inchancable presenta un ejemplo del plan de acción que está relacionado con el área seca

Area Seca	Plan de Acción	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Final
Inchancable a CR001	Mantener metodología de chequeo de elementos de desgaste para equipos de Carguío en mineral	SI Ejecución Mina	Permanente	Permanente
Inchancable a CR001	Buscar alternativas de Clúster con empresas de innovación de forma de contar con una tecnología que permita identificar cuando un elemento de desgaste o inchancable va en dirección al primario	SI A&I Mina	mar-20	jun-20

Tabla 21 "Ejemplo de Probabilidad e Impacto de inchancable"

(Fuente: Elaboración Propia)

Este análisis se debe realizar con cada R&O detectado en el plan, por lo que genera múltiples actividades, con la misma cantidad de responsables.

7.3.3.2. Seguimiento de los planes de acción

Una vez que se definieron los planes de acción, es primordial realizar el seguimiento para estas actividades comprometidas, de forma de mantener el control del plan de acción, y por consiguiente del R&O definida en los pasos anteriores.

Periódicamente se debe realizar el seguimiento de todas las acciones para llevar un registro del avance de éstos y con el objetivo final de concretarlos. Con los riesgos y oportunidades identificados anteriormente, se analiza el estado de avance de las acciones relacionada a cada uno.

En primera instancia, se debe realizar reuniones de avances con cada uno de los dueños de las acciones o responsables de estas, de dicha conversación, es importante comprender la urgencia y la importancia de realizar el plan de acción, también como solicitar apoyo si es necesario. En las etapas siguientes dicho responsable, deberá enviar periódicamente el estado de la acción.

Para facilitar el seguimiento de los planes de acción, es importante contar con una planilla maestra donde sea fácil identificar el estatus de cada acción, donde se considere las agrupaciones por área, por responsable, porcentaje de avance por medio de colores, que incluya un "diagrama de Gantt" con acciones detalladas (fecha, responsable, comentarios) con el objetivo de hacer un el seguimiento con las áreas involucradas. De esta manera será más evidente cuales son las acciones que se debe inyectar recursos para llegar al cometido establecido. Lo importante es que el plan se revisa mensualmente con el equipo de gerentes, centrándose en las iniciativas retrasadas y las formas de hacerlas progresar, también para evidenciar que riesgos permanecen presentes en la operación, los que están en un estado latente, y por otro lado las oportunidades que aún no se logran capturar.

Área Seca

Riesgo Inchancable a CR001

Se considera 2 día de pérdida de producción de cátodos, si existe un inchancable que detiene la operación y él envío de mineral a la planta

Actividades

Accion.	Responsable	Inicio	Final	Status
Mantener metodologia de chequeo de elementos de desgaste para equipos de Carguio en mineral	SI Ejecucion Mina	Permanente	Permanente	On going 25 % <div style="width: 25%; background-color: #34495e; height: 10px; margin-top: 5px;"></div>
Buscar alternativas de Cluster con empresas de inovacion de forma de contar con una tecnologia que permita identificar cuando un elemneto de desgaste o inchancable va en direccion al primario	SI A&I Mina	mar-19	jun-19	On going 00% <div style="width: 0%; background-color: #34495e; height: 10px; margin-top: 5px;"></div>

Contexto

- * Durante los meses de Sep , Nov 2018 reiteradas perdidas de dientes de palas
- * En Ene 2019 ocurre un inchancable que no genera daños al chancado

Responsable

SI Mina

Impacto

Impacto en producción 1.3 kt

Probabilidad

38% [Media]

Key Milestone

- * Se está a la espera de informe por parte de proveedor para revisión de tecnología que permita evitar inchancables

Matriz de riesgo



01

Imagen 18 “Ejemplo de seguimiento de plan de acción para inchancable”

(Fuente: Elaboración Propia)

Este es un punto muy importante de esta implementación, del cumplimiento de las acciones depende si los riesgos se minimizan o las oportunidades se concretan, generando un plan mucho más controlado

7.3.3.3. Evaluación y evolución de la iniciativa.

Periódicamente se debe llevar una revisión de los planes de acción, se revisa cada iniciativa, con el objetivo de analizar cada riesgo/oportunidad, se lleva a cabo un análisis de sensibilidad mucho más detallado (que incluye bases técnicas, estadísticas, historial, comparaciones, etc.) para recalcular el impacto sobre la producción y la probabilidad de ocurrencia con un cálculo de robustez. Los gerentes también están incluidos en esta etapa.

En esta etapa se analiza si el avance de cada acción, y si con este análisis más detallado, la influencia de una “burbuja” (como se grafica) puede haber cambiado su probabilidad de ocurrencia, y/o también el impacto que se puede generar.

Si seguimos con el ejemplo del inchancable, en el caso que operaciones mina, las acciones tomadas se estén realizando con éxito, o si adicionalmente logran incorporar un mecanismo eléctrico/mecánico que permita identificar oportunamente la caída de un diente de un equipo de extracción, con una certeza de 50%, podríamos decir que la probabilidad de ocurrencia de este evento se minimiza a la mitad por lo que su nuevo valor seria de un 20%.

Ahora, si mantenimiento logra incorporar en su proceso un mecanismo que disminuya el tiempo de reparación en un 70 %, la detención por inchancable se reduce en un 30%, por lo que las pérdidas se reducirían a 900 toneladas de cobre catódico.

También puede ocurrir que se conjuguen ambas alternativas. Por lo que la “burbuja” en el grafico representado se moverá en el interior de este, cambiando su “volumen” y posición dentro de dicho grafico

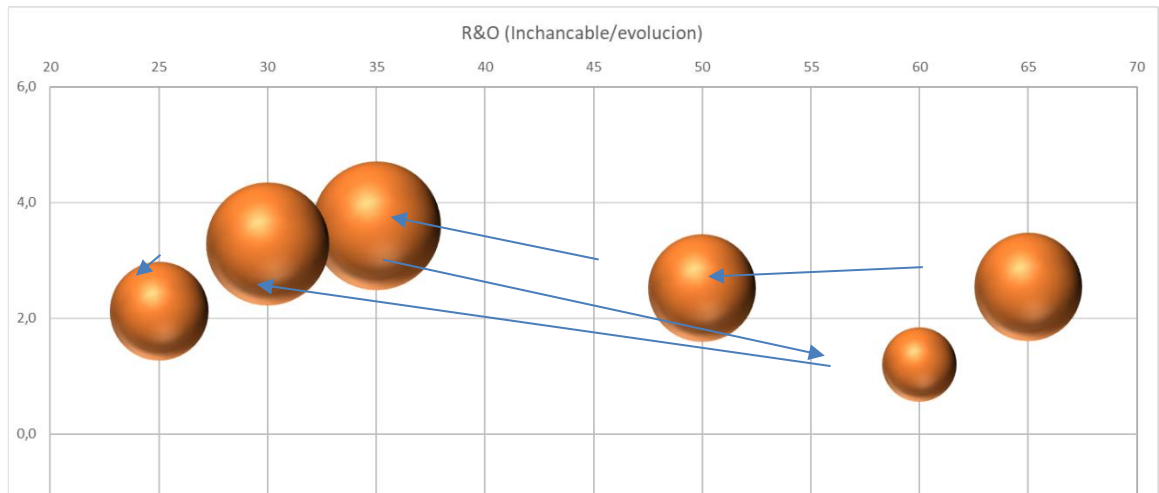


Gráfico 10 "Ejemplo de la (Evolución) movimiento de un R&O"

(Fuente: Elaboración Propia)

7.3.3.4. Monitoreo y control.

La mayor expectativa de lograr un plan de producción, está relacionado con el cumplimiento de las iniciativas y su progreso esperado, para esto, son monitoreados diariamente por las áreas de Análisis y Mejoramiento, y en el caso de existir desviación en el día a día, se comunican con los dueños de cada acción para conocer a que se debe este cambio, saber si es necesario un apoyo adicional, o si definitivamente la iniciativa no entrega los resultados esperados. En esta etapa, también se pueden incorporar nuevas actividades que se desencadenan en acciones que se incluyen en el plan maestro.

También se debe confeccionar un modelo de reporte diario, que sea visible en una página, de fácil lectura, de forma que sea evidente el estado de cada R&O, y de esta misma forma poder observar que acción es la que está afectando en el control de cada evento, que permite revisar y dar visibilidad al progreso de las iniciativas.

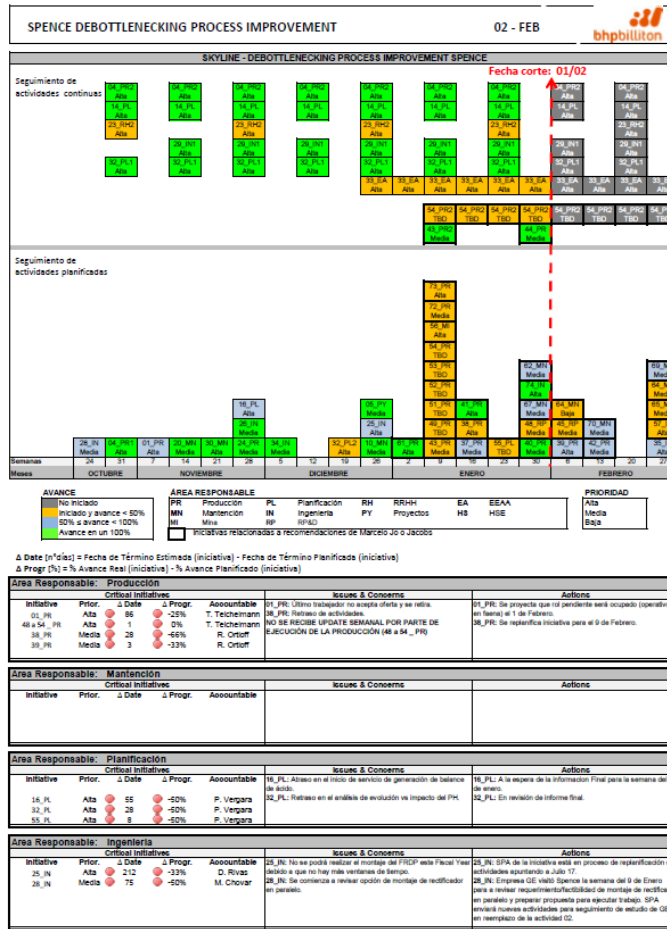


Tabla 22 "Ejemplo de monitoreo de todas las acciones en una sola hoja"

(Fuente: Seguimiento de actividades de proyecto, Minera Spence)

7.3.3.5. Incorporación de acciones al Plan de producción

Como todo proceso, debe tener un ciclo PDCA, y de retroalimentar a los planes de producción, de esta forma sistemática, lograr la mejora continua, entendiendo como tal al progreso en la calidad de los planes (disminución de fallas, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales). Las etapas deben ser cíclicas, de forma que una vez acabada la etapa final, se debe volver a la primera y repetir el ciclo de nuevo, de forma que las actividades son reevaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras a dichas actividades. La aplicación de esta metodología está enfocada principalmente la evaluación del plan frente a las acciones de los riesgos y oportunidades, pero es aplicable a todos los procesos de la operación

El objetivo es cerrar el proceso, con una revisión detallada, de forma de identificar brechas y progresos, y así analizar nuevamente si la probabilidad de ocurrencia o el impacto son iguales a los que se consideraron al principio. En esta etapa, es posible que ya algunos riesgos/oportunidades ingresen al plan de producción, esto debido a las acciones generadas y sus seguimientos fueron lo suficientemente consistentes de forma que son consideradas un input para la operación.

Por ejemplo, si para el área de operaciones mina, había un riesgo relacionado con el componente de camiones, que afectaban la disponibilidad de estos, al tener planes de acción, que estaban relacionado a mejorar el stock de dicho componente, y al realizar las gestiones con el área de abastecimiento, se logró eliminar el riesgo de falla por no estar este componente, para los siguientes planes mineros se debe considerar el aumento de la disponibilidad de los equipos, y eliminar este riesgo de todos los planes de acción, de los gráficos de burbujas y de los seguimientos mencionados en los puntos anteriores.

Después de las etapas de análisis de riesgos y la recepción de las respectivas retroalimentaciones finales del desarrollo de los planes de producción, se obtiene una presentación final del plan con todas las oportunidades y riesgos asociados.

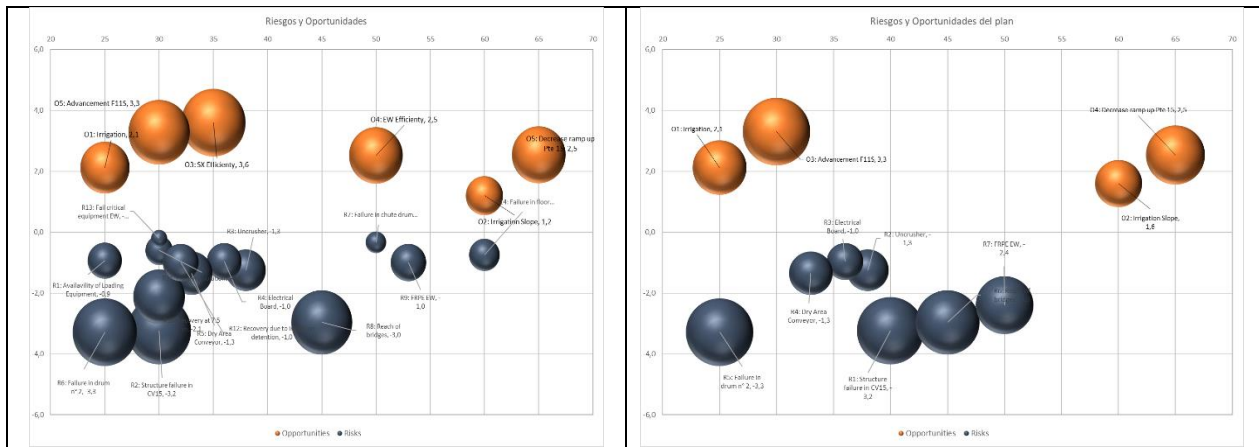


Gráfico 11 “Ejemplo de la variación de los R&O al implementar planes de acción”

(Fuente: Elaboración Propia)

Después de las etapas de análisis de riesgos y la recepción de las respectivas retroalimentaciones finales del desarrollo de los planes de producción, se obtiene una presentación final del plan con todas las oportunidades y riesgos asociados a dicho plan

Riesgos y Oportunidades

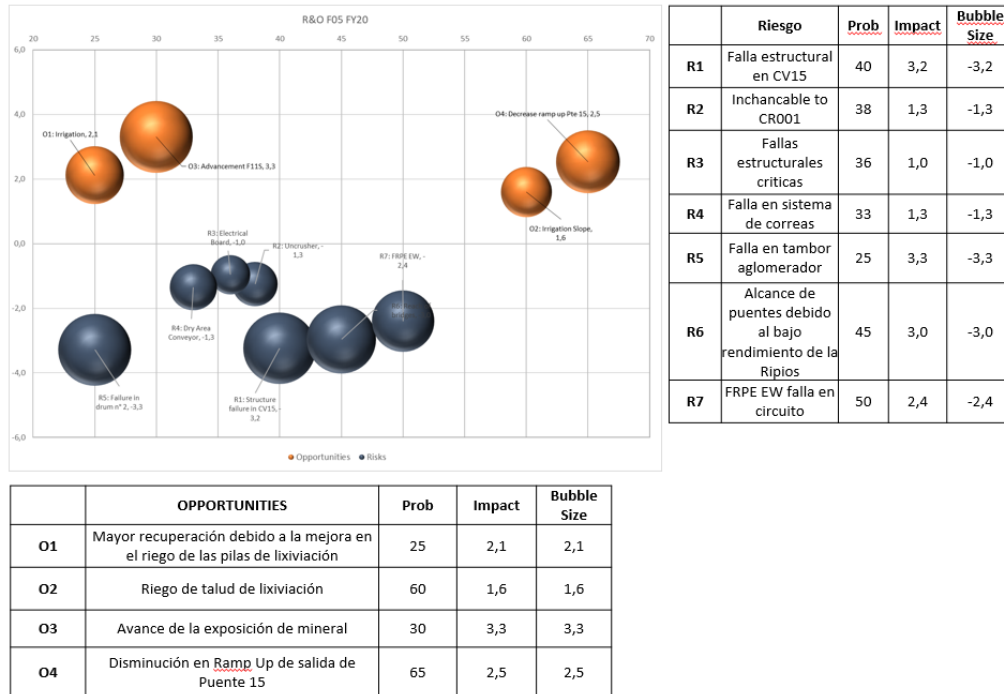


Grafico 12 "Ejemplo de los R&O presentes en el plan de producción"

(Fuente: Elaboración Propia)

7.3.4. Obtención de probabilidad de cumplimiento del plan

Para la obtención de la probabilidad del cumplimiento del plan producción, es necesario incorporar el impacto que tiene cada riesgo y oportunidad en el valor final de éste, considerando los planes de acción y los upside como los downside. Para esto se debe calcular la esperanza de cada riesgo y oportunidad.

Al vector resultante de cada uno se realiza una prueba de bondad y se analizan los parámetros estadísticos de **Anderson Darling** y valor **P**. (Definición incorporado en el marco teórico)

Una vez conocida la distribución que mejor se ajusta a los datos, es posible generar vectores aleatorios para los riesgos y las oportunidades respectivamente, que respondan a los parámetros originales de distribución y cuya misión sea facilitar el tratamiento de la información, lo que finalmente se traduce en unir en un solo vector los datos de los riesgos y oportunidades.

A este vector consolidado se realiza el mismo análisis anterior, comenzando con la prueba de bondad y en base a los estadísticos de Anderson Darling y valor P, se determina la mejor distribución lo que finalmente se grafica en una curva de distribución acumulada, la cual nos permitirá identificar el % de probabilidad que tendrá el valor del plan de producción considerando todos los riesgos y oportunidades capturados para el ejercicio en ese momento.

A continuación, se define la metodología que indica cómo se debe proceder en el cálculo de probabilidad de ocurrencia del cumplimiento del plan

7.3.4.1. Proceso de obtención de probabilidad de cumplimiento del plan por medio de Minitab

- i. El primer paso que se debe realizar para obtener la probabilidad de cumplimiento del plan, debe consistir en consolidar en un archivo Excel cada uno de los riesgos con su probabilidad de ocurrencia e impacto calculado en términos de tonelaje catódico. Lo mismo se debe hacer con las probabilidades.

Oportunidades	Probabilidad	Cu Catódico	Riesgos	Probabilidad	Cu Catódico
O1	25	2,1	R1	40	-3,2
O2	60	1,6	R2	38	-1,3
O3	30	3,3	R3	36	-1,0
O4	65	2,5	R4	33	-1,3
O5	30	3,3	R5	25	-3,3
O6	65	2,5	R6	45	-3,0
			R7	50	-2,4
			R8	45	-3,0
			R9	53	-1,0
			R10	30	-2,1
			R11	30	-0,6
			R12	32	-1,0
			R13	30	-0,2
			R14	60	-0,8

Tabla 23 "Tabla de R&O, probabilidad e impacto"

(Fuente: Elaboración Propia)

- ii. Una vez definido los riesgos y oportunidades con sus probabilidades e impactos, se debe calcular la **esperanza** de cada uno de éstos, lo que permite obtener un vector con los valores de la **esperanza** de los riesgos y otro con los de las oportunidades. El valor de la **esperanza** se calcula mediante la siguiente expresión;

$$\text{Probabilidad} \times \text{Impacto}/100 + \text{Valor Plan Anual} = \text{Esperanza}$$

Oportunidades	Tonelaje	Riesgos	Tonelaje
O1	172,9	R1	172,1
O2	173,0	R2	171,4
O3	173,6	R3	171,8
O4	173,6	R4	172,0
O5	173,3	R5	171,9
O6	174,0	R6	171,5
		R7	172,2
		R8	171,0
		R9	171,8
		R10	171,7
		R11	172,1
		R12	172,0
		R13	172,3
		R14	171,9

Tabla 24 "Tabla de R&O, y su variabilidad en el plan de producción"

(Fuente: Elaboración Propia)

- iii. Con los vectores obtenidos en el paso anterior, se debe realizar un análisis estadístico en Minitab para determinar la distribución estadística que mejor se ajusta a los datos.

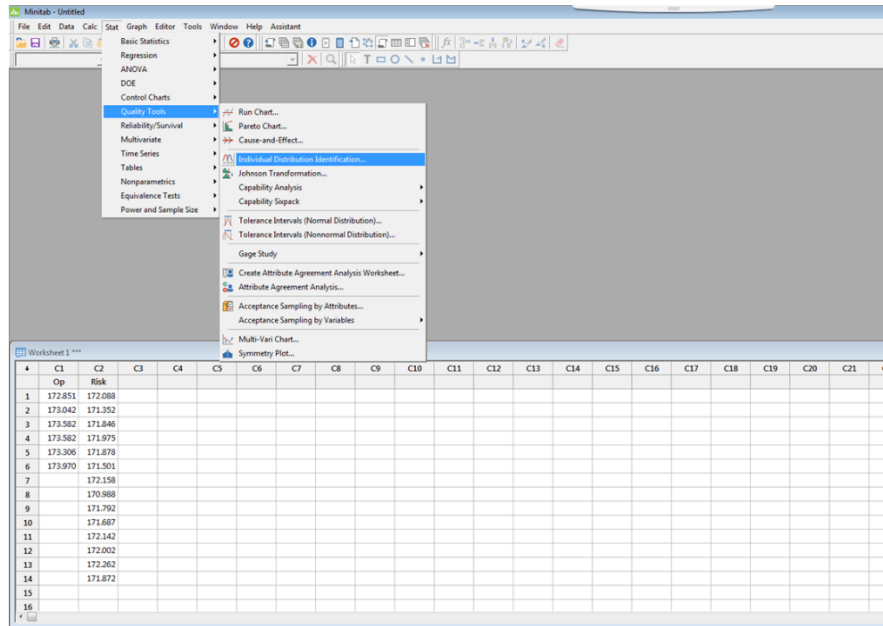


Imagen 19 "Ejemplo de aplicación en Minitab para determinar la distribución"

(Fuente: Elaboración Propia)

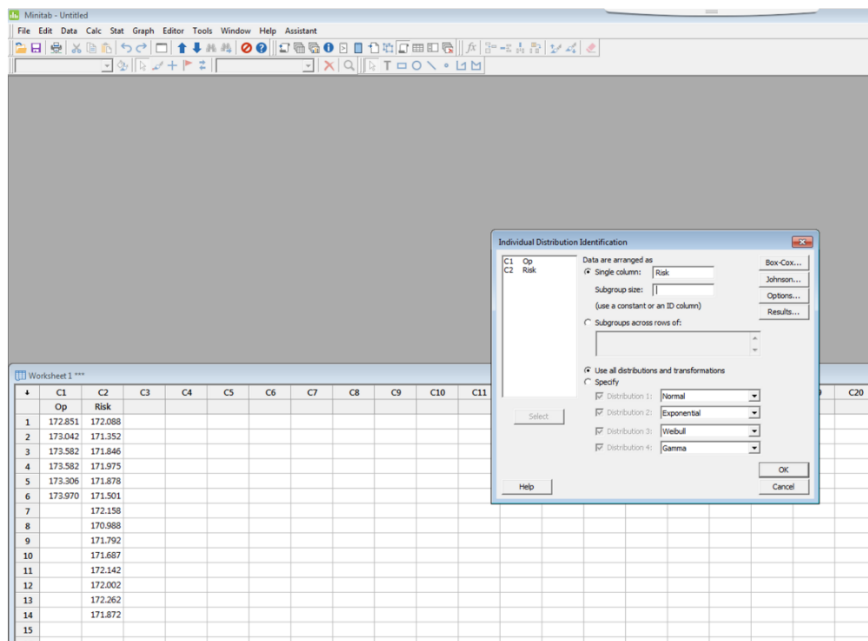


Imagen 20 "Ejemplo de aplicación en Minitab para distribución estadística de los riesgos"

(Fuente: Elaboración Propia)

Al graficarse las funciones elegidas en Minitab, se obtienen los siguientes gráficos:

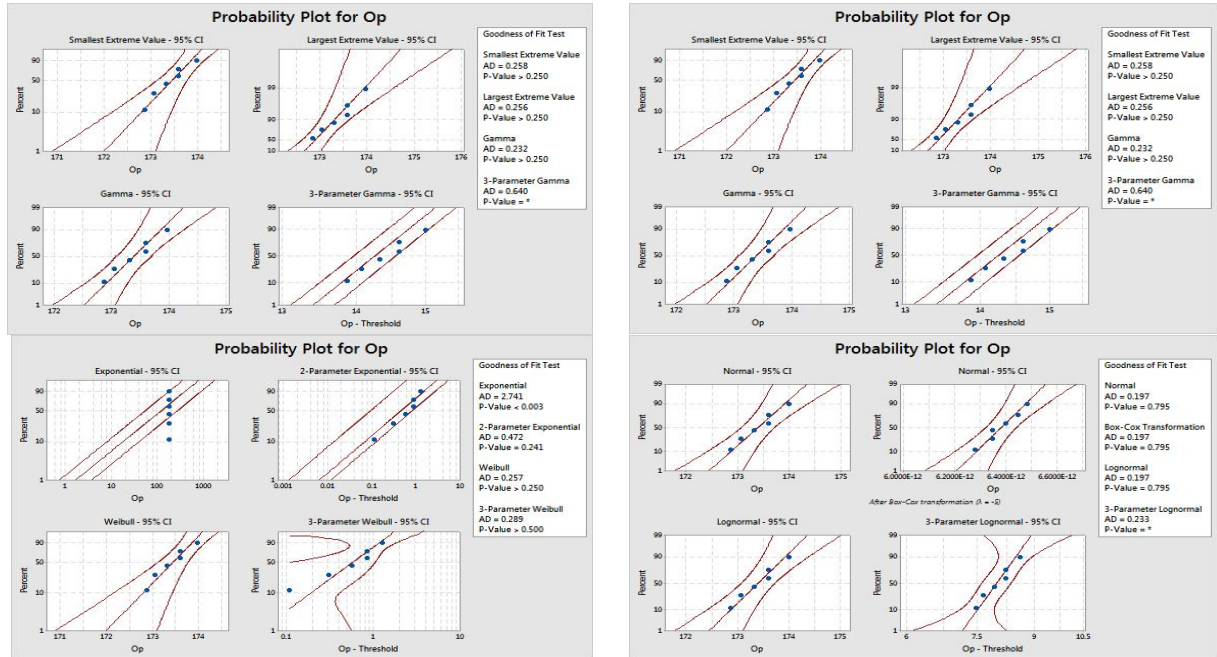


Imagen 21 "Ejemplo de resultados estadísticos obtenidos de Minitab"

(Fuente: Elaboración Propia)

Para determinar que distribución estadística se asemeja al vector de los datos obtenidos de los R&O, se debe elegir la distribución en función del menor valor AD y mayor valor P.

Descriptive Statistics

N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
14	0	171.824	0.348629	171.875	170.988	172.262	-1.15776	1.26251

Box-Cox transformation: $\lambda = 5.00000$

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	0.463	0.217	
Box-Cox Transformation	0.453	0.231	
Lognormal	0.466	0.213	
3-Parameter Lognormal	0.468	*	0.867
Exponential	6.398	<0.003	
2-Parameter Exponential	2.581	<0.010	0.000
Weibull	0.168	>0.250	
3-Parameter Weibull	0.168	>0.500	0.932
Smallest Extreme Value	0.168	>0.250	
Largest Extreme Value	0.925	0.016	
Gamma	0.470	>0.250	
3-Parameter Gamma	8.150	*	1.000
Logistic	0.343	>0.250	
Loglogistic	0.345	>0.250	
3-Parameter Loglogistic	0.343	*	0.888

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	171.82443		0.34863	
Box-Cox Transformation*	1.49776E+11		1.51334E+09	
Lognormal*	5.14647		0.00203	
3-Parameter Lognormal	11.38009		0.00000	-8.73890E+04
Exponential			171.82443	
2-Parameter Exponential			0.90076	170.92367
Weibull		600.64048	171.97381	
3-Parameter Weibull		3.56493E+05	87558.08328	-8.73861E+04
Smallest Extreme Value	171.87401		0.24901	
Largest Extreme Value	171.64164		0.39158	
Gamma		2.61242E+05	0.00066	
3-Parameter Gamma		9654.11399	0.00343	138.36667
Logistic	171.86544		0.18385	
Loglogistic	5.14671		0.00107	
3-Parameter Loglogistic	11.37993		0.00000	-8.73749E+04

* Scale: Adjusted ML estimate

Imagen 22 "Ejemplo de resultados estadísticos obtenidos de Minitab, su correlación con las distintas distribuciones y parámetros"

(Fuente: Elaboración Propia)

En este ejemplo podemos observar que la distribución de *3-Parameter de Weibull* es la que mejor cumple con este criterio, por lo que podemos considerar que la distribución de los riesgos cumple con esta distribución, por lo que se debe tener en consideración los parámetros estadísticos para las próximas etapas.

Para el vector de las oportunidades se realiza el mismo ejercicio y en este caso la distribución que mejor se ajusta es la de *Normal*.

Descriptive Statistics

N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
6	0	173.389	0.407185	173.444	172.851	173.970	0.0584113	-0.769988

Box-Cox transformation: $\lambda = -5.00000$

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	0.197	0.795	
Box-Cox Transformation	0.197	0.795	
Lognormal	0.197	0.795	
3-Parameter Lognormal	0.233	*	0.942
Exponential	2.741	<0.003	
2-Parameter Exponential	0.472	0.241	0.000
Weibull	0.257	>0.250	
3-Parameter Weibull	0.289	>0.500	0.335
Smallest Extreme Value	0.258	>0.250	
Largest Extreme Value	0.256	>0.250	
Gamma	0.232	>0.250	
3-Parameter Gamma	0.640	*	1.000
Logistic	0.227	>0.250	
Loglogistic	0.227	>0.250	
3-Parameter Loglogistic	0.227	*	1.000

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	173.38893		0.40719	
Box-Cox Transformation*	0.00000		0.00000	
Lognormal*	5.15553		0.00235	
3-Parameter Lognormal	2.07623		0.04659	165.40590
Exponential			173.38893	
2-Parameter Exponential			0.64527	172.74366
Weibull		505.61948	173.57437	
3-Parameter Weibull		1.71422	0.71922	172.74476
Smallest Extreme Value	173.57473			0.34319
Largest Extreme Value	173.20451			0.33295
Gamma		2.17603E+05	0.00080	
3-Parameter Gamma		1473.10043	0.00968	158.98254
Logistic	173.38977		0.22425	
Loglogistic	5.15554		0.00129	
3-Parameter Loglogistic	3.40564		0.00744	143.25500

* Scale: Adjusted ML estimate

Imagen 23 "Ejemplo de resultados estadísticos para las Oportunidades obtenidos de Minitab, su correlación con las distintas distribuciones y parámetros "

(Fuente: Elaboración Propia)

- iv. Teniendo identificadas las distribuciones que mejor se asemeja para los riesgos y las oportunidades, se debe generar un nuevo vector, esta vez aleatorio (mínimo 100 datos) para los riesgos y otro para las oportunidades, los cuales respondan a las distribuciones identificadas en el punto iii.

En el caso de los riesgos, se selecciona el vector aleatorio con la función de *3-Parameter de Weibull* y para las oportunidades el de función *Normal*

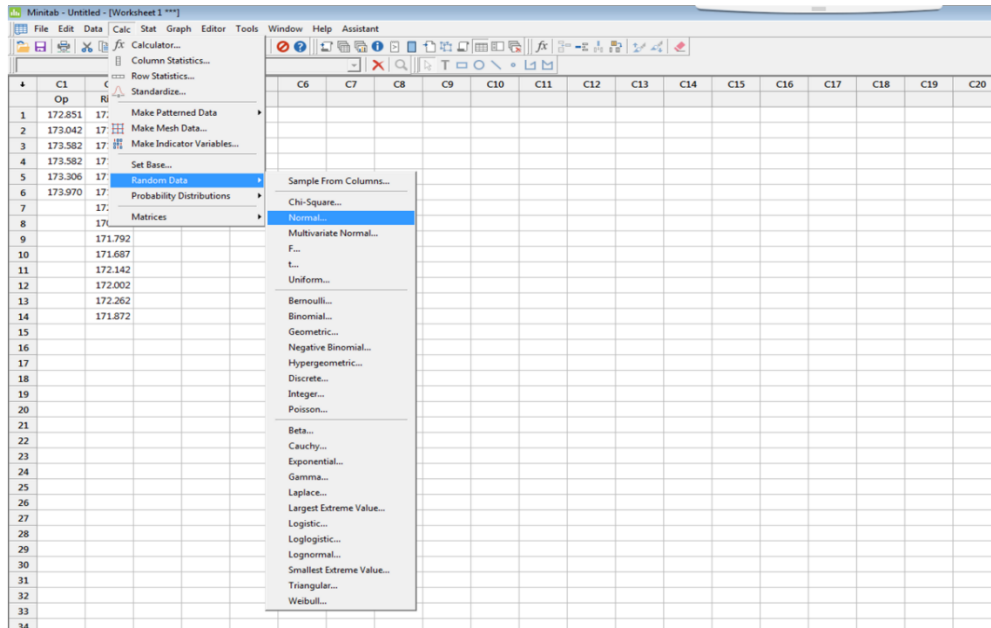


Imagen 24 "Ejemplo de aplicación en Minitab para generar vector aleatorio para R&O"

(Fuente: Elaboración Propia)

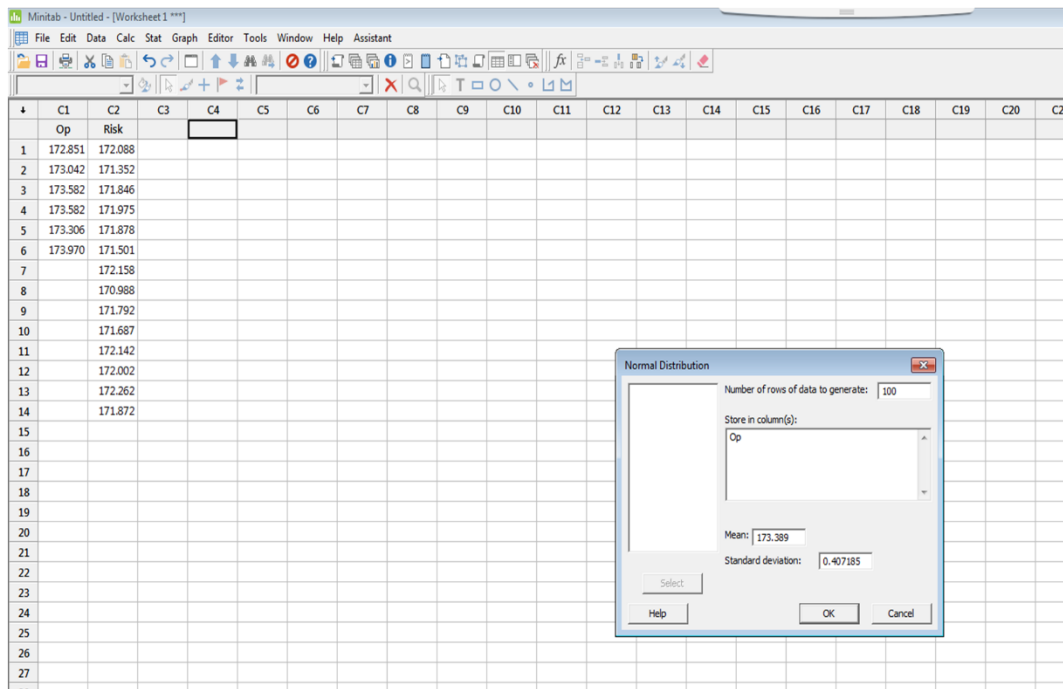


Imagen 25 "Ejemplo de aplicación en Minitab para generar vector aleatorio para oportunidades"

(Fuente: Elaboración Propia)

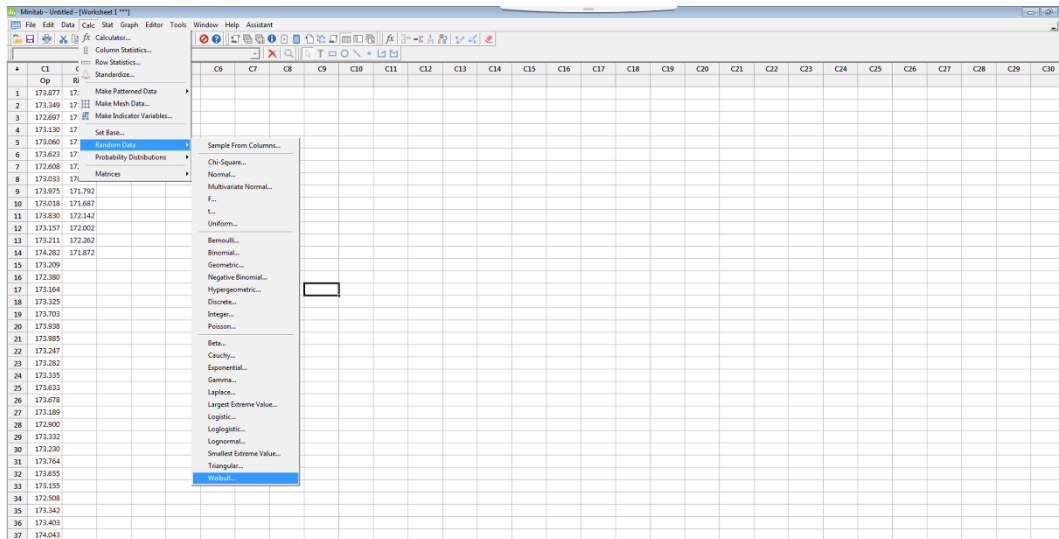


Imagen 26 "Ejemplo de aplicación en Minitab para generar vector aleatorio para Riesgos según distribución obtenida anteriormente"

(Fuente: Elaboración Propia)

Para la generación del vector aleatorio de riesgos se deben considerar los parámetros de la distribución (en este caso *Shape Parameter*, *Scale Parameter*, *Threshold Parameter*), los cuales se obtienen del cuadro de estadística de riesgos (imagen 7.22)

- v. Teniendo los dos nuevos vectores aleatorios (el de riesgos y el de oportunidades) se consolidan ambos en un nuevo solo vector.

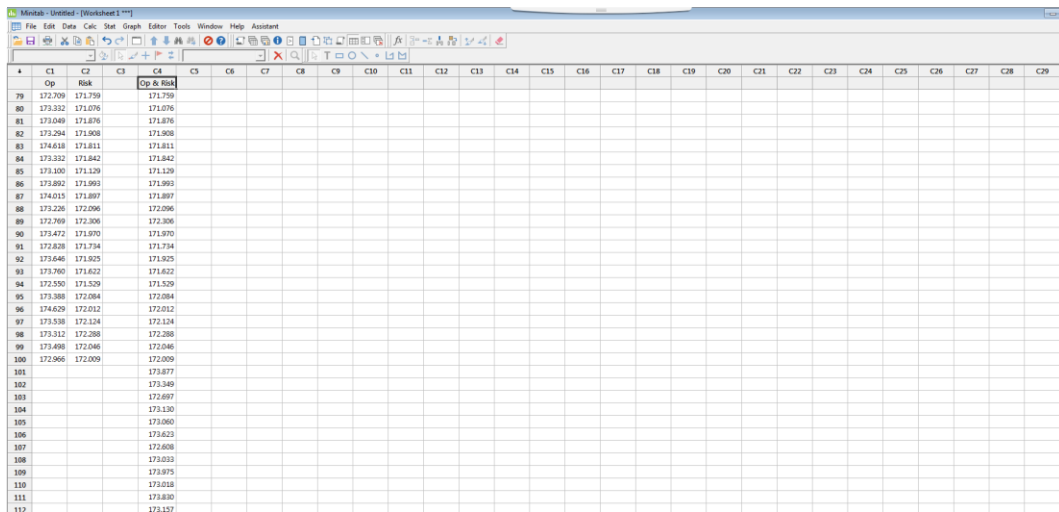


Imagen 27 "Ejemplo de generación de datos aleatorios para los R&O"

(Fuente: Elaboración Propia)

Este nuevo vector se debe identificar la distribución que mejor se ajusta a los datos consolidados, siguiendo la misma lógica del punto iii

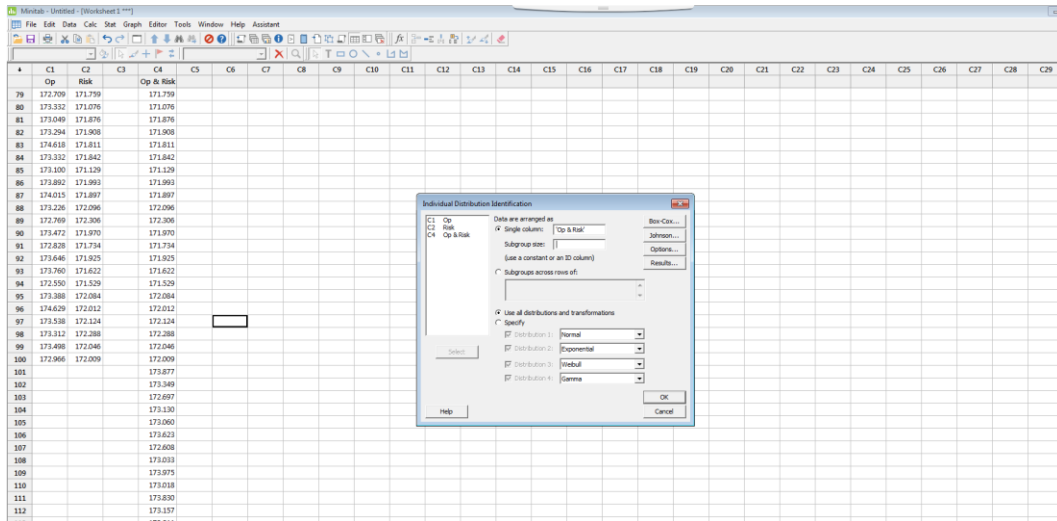


Imagen 28 "Análisis de distribución para nuevo vector para el plan de producción"

(Fuente: Elaboración Propia)

Descriptive Statistics

N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
200	0	172.651	0.860592	172.368	171.076	174.812	0.231817	-1.14492

Box-Cox transformation: $\lambda = -5.00000$

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	5.830	<0.005	
Box-Cox Transformation	5.777	<0.005	
Lognormal	5.821	<0.005	
3-Parameter Lognormal	5.213	*	0.010
Exponential	90.845	<0.003	
2-Parameter Exponential	17.263	<0.010	0.000
Weibull	5.516	<0.010	
3-Parameter Weibull	4.575	<0.005	0.000
Smallest Extreme Value	5.952	<0.010	
Largest Extreme Value	5.082	<0.010	
Gamma	5.871	<0.005	
3-Parameter Gamma	4.736	*	0.001
Logistic	6.185	<0.005	
Loglogistic	6.177	<0.005	
3-Parameter Loglogistic	5.345	*	0.005

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	172.65113		0.86059	
Box-Cox Transformation*	0.00000		0.00000	
Lognormal*	5.15126		0.00498	
3-Parameter Lognormal	1.10731		0.27890	169.50697
Exponential			172.65113	
2-Parameter Exponential			1.58350	171.06763
Weibull		208.60342	172.08488	
3-Parameter Weibull		2.04609	1.88310	170.98458
Smallest Extreme Value	173.06693		0.02355	
Largest Extreme Value	172.23426		0.73059	
Gamma		40480.33269	0.00427	
3-Parameter Gamma		4.55365	0.42313	170.72435
Logistic	172.62280		0.52611	
Loglogistic	5.15110		0.00305	
3-Parameter Loglogistic	0.75268		0.24434	170.38228

* Scale: Adjusted ML estimate

Imagen 29 "Resultados estadísticos para el nuevo vector de producción"

(Fuente: Elaboración Propia)

- vi. Dado que la distribución que mejor se ajusta a los datos es la distribución *3-Parameter de Weibull*, se grafica el vector de R&O consolidado (Columna C4) por medio de una distribución acumulada *3-Parameter de Weibull* a partir de la cual podremos determinar la probabilidad de cumplimiento del valor del plan anual.

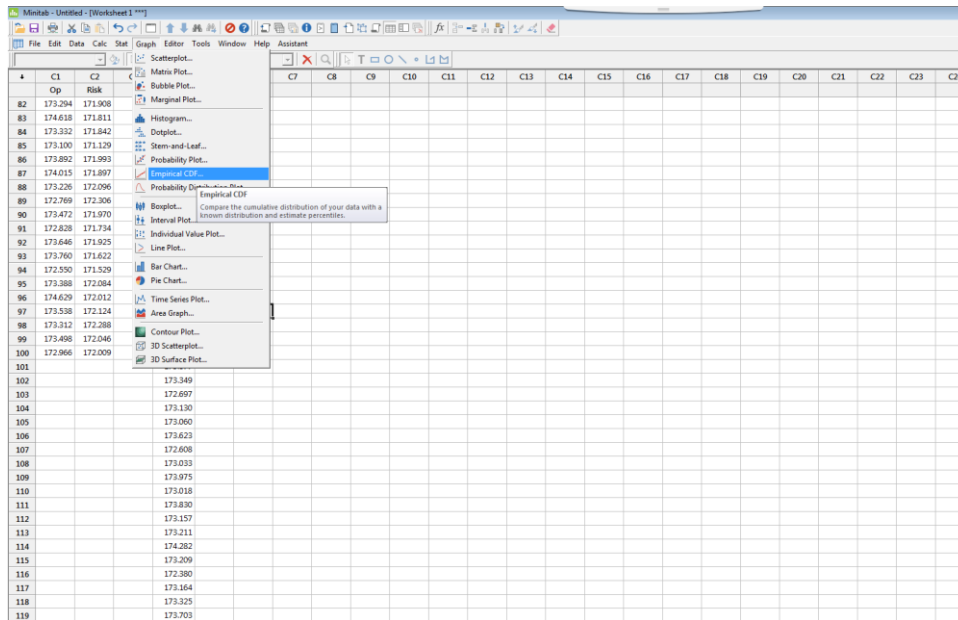


Imagen 30 "Generación de análisis estadístico para el vector de Producción (R+O)"

(Fuente: Elaboración Propia)

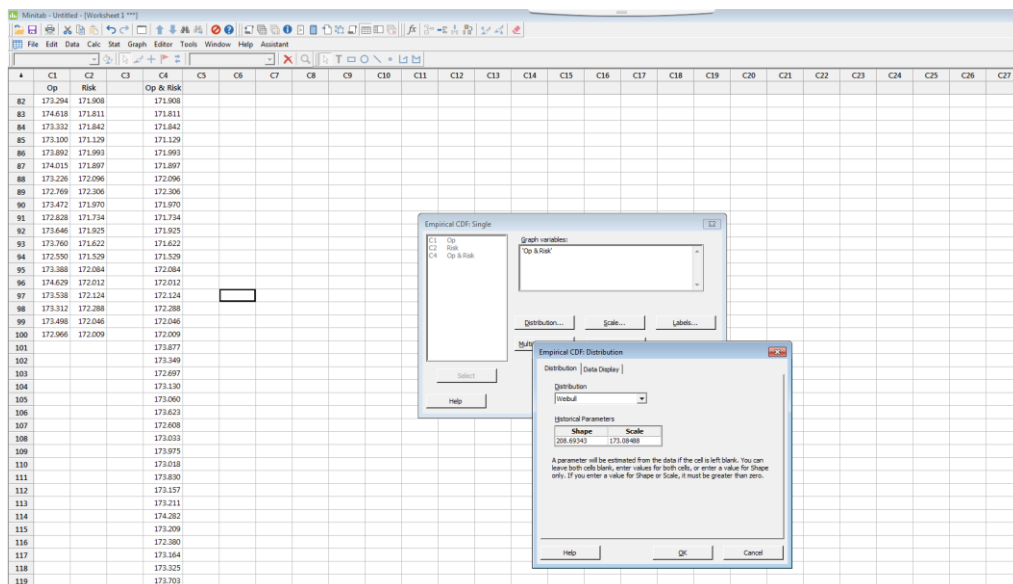


Imagen 31 "Generación de análisis estadístico para el vector de Producción (R+O)"

(Fuente: Elaboración Propia)

De lo anterior logramos obtener una curva de distribución acumulada para los valores de los R&O, donde podemos identificar cuáles son los rangos de ocurrencias del plan considerando su valor P. Esta distribución es fundamental para la toma de decisiones, considerando que nos indica cuales son las probabilidades de ocurrencia de este plan estadísticamente

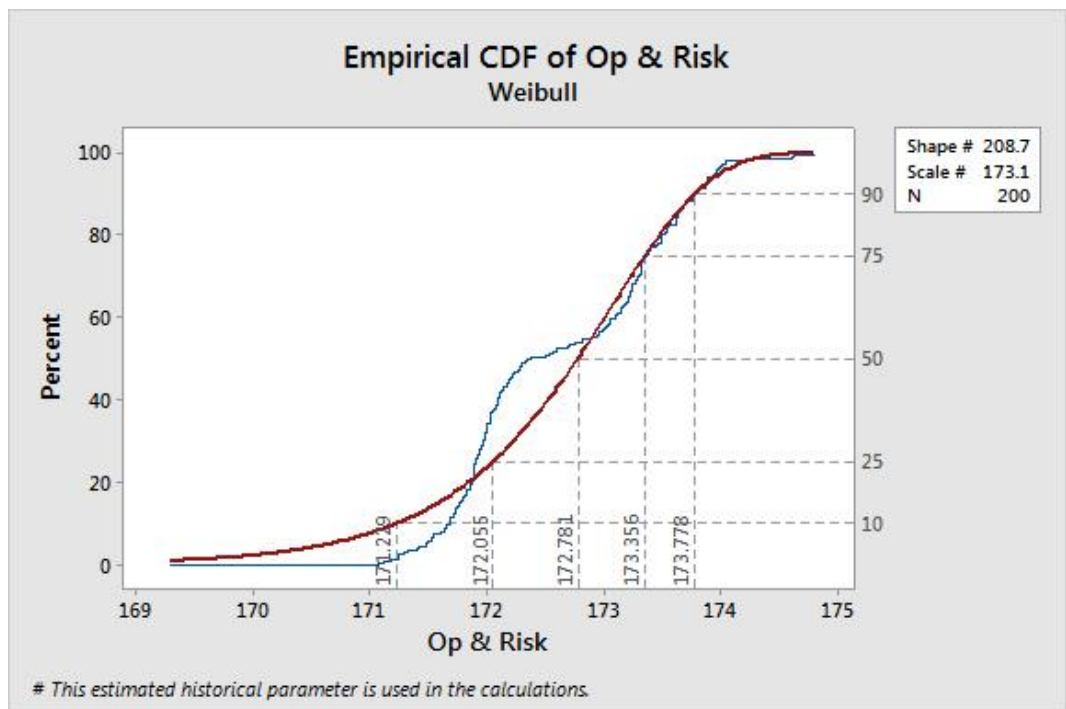


Grafico 13 "Ejemplo de la curva CDF para los R&O presentes en el plan de producción"

(Fuente: Elaboración Propia)

A continuación, revisaremos otra alternativa para la revisión de cómo puede afectar los Riesgos y Oportunidades a un plan de producción, cuáles serían su probabilidad de ocurrencia y entre que valores deberíamos esperar que se concrete el Plan de Producción

7.3.4.2. Proceso de obtención de probabilidad de cumplimiento del plan por medio de sensibilidad del plan

El análisis de sensibilidad del Plan de Producción nos indica la variación del valor de este plan, ante cambios en alguna de sus variables claves, manteniendo el valor de las demás variables de forma constante. Es decir, este análisis se realiza de una variable a la vez, y supone independencia entre las distintas variables que influyen el valor del Plan de Producción.

El primer paso para realizar un análisis de sensibilidad, consiste en identificar las principales variables que afectan al Plan de Producción y que están fuera de nuestro control o pudieron ser estimadas de forma imprecisa.

Luego, para cada una de estas variables, se deben buscar escenarios positivos y negativos que sean razonables y bien fundamentados, según los análisis estadísticos del input. Es decir, encontrar los mejores y peores valores que podrían tomar las variables en la práctica, que fueron determinados como riesgos y oportunidades, con su probabilidad de ocurrencia y su impacto en cobre catódico.

Finalmente se calcula el valor del plan en cada uno de estos escenarios, para luego tomar decisiones y saber cuánto impacta cada uno de estas variables, de esta forma poder realizar seguimiento a sus actividades, y como objetivo principal es saber cuál es la variabilidad esperada de nuestros planes, considerando los peores y mejores escenarios. Esto es de mucha utilidad porque permite identificar las variables más críticas o construir escenarios posibles que permitirán analizar el comportamiento de un resultado bajo diferentes supuestos. En pocas palabras, el análisis de sensibilidad permite medir el cambio en un resultado, dado un cambio en un conjunto de variables, tanto en términos relativos, como en términos absolutos.

Esta alternativa es una aplicación que nos permite analizar cómo nos afecta un cambio en alguna de sus variables, indicando cual es el valor final en la producción de cátodos, es posible realizarlo “corriendo” nuevamente el plan en todas sus etapas productivas.

7.3.4.2.1. Proceso de obtención de probabilidad de cumplimiento del plan por medio de sensibilidad del Plan

Este tipo de análisis se utiliza, como ya se mencionó, para varios propósitos. El primero es el de identificar las variables más críticas. Una variable se considera crítica cuando produce un cambio en un resultado mayor que el que produce otra variable, con base en ciertos criterios establecidos en la planificación. Por otro lado, permite tomar decisiones sobre qué aspectos debe enfatizarse el esfuerzo, por ejemplo, para calcular los valores que deben ser introducidos en un modelo. El análisis de sensibilidad se puede realizar en Excel.

- i. Selección de variables críticas: La primera etapa de esta metodología se traduce en reconocer cuales son las variables que nos pueden afectar en el proceso de producción de cobre. Para nuestro ejemplo, nos enfocaremos en nuestro “cuello de botella” que es el Chancado, además sabemos que la mayoría de las variables del chancado, son dependiente de las otras variables del proceso, por ejemplo el rendimiento de la alimentación a chancado depende de los camiones de extracción, la utilización depende de variables como el espacio otorgado por ripios; la disponibilidad del chancado está relacionada con el performance de mantenimiento pero también, de no tener variaciones en la alimentación (material de mayor dureza) o inchancable. Por lo que se ha considerado los siguientes indicadores como variables críticas para nuestro ejemplo:

Variable Criticas	
Disponibilidad Chancado	78,5%
Utilización Chancado	88,2%
Rendimiento Chancado	3.434
Throughput	20.899.872
Ley	0,92%
Recuperación Lixiviación	82%

Tabla 25 "Variables Criticas utilizadas en la sensibilidad del Plan"

(Fuente: Elaboración Propia)

- ii. Sensibilidades de las variables críticas: en esta etapa, se definan los valores máximos y mínimos que podrían experimentar las variables críticas bajo distintas situaciones y condiciones en la operación. Los distintos valores en estas variables se obtienen de la información entregada en los inputs del plan, como del análisis de riesgos y oportunidades.

Nomenclatura	Variable Critica	Sensibilidades
L1	Ley 1	0,92%
L2	Ley 2	0,93%
L3	Ley 3	0,94%
D1	Disponibilidad 1	77,53%
D2	Disponibilidad 2	78,53%
D3	Disponibilidad 3	79,53%
U1	Utilización 1	87,24%
U2	Utilización 2	88,24%
U3	Utilización 3	89,24%
R1	Rendimiento 1	3.424
R2	Rendimiento 2	3.434
R3	Rendimiento 3	3.444
REC1	Recuperación 1	81%
REC2	Recuperación 2	83%

Tabla 26 "Rango de valores para cada una de las Variables críticas"

(Fuente: Elaboración Propia)

- iii. Generación sensibilidad del plan: Con la información de los distintos valores de las distintas variables críticas, procedemos en una planilla de cálculo, la cual puede estar automatizada de forma de obtener con mayor rapidez los resultados de estos cambios y que genere iteraciones automáticas, se procede a realizar la sensibilidad del plan. Para esto es importante considerar que cada una de estas variables se puede conjugar su valor con todas las otras variables y sus valores, de forma de generar una matriz de cálculo, y una cantidad de resultados como variables y valores de variables consideremos. Con esto podemos observar cómo pueden cambiar nuestros planes, con valores máximos y mínimos y que variables es la que más puede afectar en su resultado.

De lo anterior se conforma la siguiente tabla, donde indica cómo se pueden conjugar las distintas variables con sus distintos valores:

Disponibilidad	Rendimiento	Utilización	Recuperación	Throughput	TCu%	Cu Fino	Cu Recuperable	Producción	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
D1	R1	U1	Rec1	20.340.483	0,94%	191.201	154.872	158.853	5318	0	164.171	158.853
D2	R1	U1	Rec1	20.602.833	0,94%	193.667	156.870	160.851	5318	0	166.169	160.851
D3	R1	U1	Rec1	20.865.182	0,94%	196.133	158.867	162.848	5318	0	168.166	162.848
D1	R2	U1	Rec1	20.399.895	0,94%	191.759	155.325	159.306	5318	0	164.624	159.306
D2	R2	U1	Rec1	20.663.011	0,94%	194.232	157.328	161.309	5318	0	166.627	161.309
D3	R2	U1	Rec1	20.926.127	0,92%	192.520	155.941	159.922	5318	0	165.240	159.922
D1	R3	U1	Rec1	20.459.307	0,94%	192.317	155.777	159.758	5318	0	165.076	159.758
D2	R3	U1	Rec1	20.723.189	0,94%	194.798	157.786	161.767	5318	0	167.085	161.767
D3	R3	U1	Rec1	20.987.071	0,92%	193.081	156.396	160.377	5318	0	165.695	160.377
D1	R1	U2	Rec1	20.573.647	0,94%	193.392	156.648	160.629	5318	0	165.947	160.629
D2	R1	U2	Rec1	20.839.003	0,94%	195.887	158.668	162.649	5318	0	167.967	162.649
D3	R1	U2	Rec1	21.104.360	0,92%	194.160	157.270	161.251	5318	0	166.569	161.251
D1	R2	U2	Rec1	20.633.740	0,94%	193.957	157.105	161.086	5318	0	166.404	161.086
D2	R2	U2	Rec1	20.899.872	0,94%	196.459	159.132	163.113	5318	0	168.431	163.113
D3	R2	U2	Rec1	21.166.003	0,92%	194.727	157.729	161.710	5318	0	167.028	161.710
D1	R3	U2	Rec1	20.693.833	0,94%	194.522	157.563	161.544	5318	0	166.862	161.544
D2	R3	U2	Rec1	20.960.740	0,92%	192.839	156.199	160.180	5318	0	165.498	160.180
....

Tabla 27 "Matriz de cálculo para valores para cada una de las Variables críticas"

(Fuente: Elaboración Propia)

- iv. Análisis de los resultados: Una vez que se han realizado todos los análisis de sensibilidad con los datos obtenidos, es posible realizar los análisis estadísticos de las producciones entregadas por la combinación de las distintas variables, con sus distintos valores y los supuestos tomados desde el plan. Con esto se puede inferir en que percentil se encuentra cada nivel de producción, con sus mínimos y máximos

Percentil	Sensibilidad del plan
P25	170.309
P50	172.194
P75	177.806
Máx.	176.854
Min	167.664

Tabla 28 "Resultados de la sensibilidad del Plan de Producción"

(Fuente: Elaboración Propia)

Con la información obtenida es posible realizar e incorporar planes de acción para las variables que se habían evaluados, con el objetivo de tener mayor control del plan de producción.

8. PLAN DE IMPLEMENTACION

8.1. Identificación del problema

En la construcción de planes mineros, existe un grado importante de incertidumbre, y de falta de control en las actividades propiamente del plan, generando resultados no esperados que van en contra de la filosofía del negocio minero y los compromisos establecidos en la organización. Hoy no existe un sistema, una metodología que nos permita disminuir la fluctuación de los planes mineros

Esta situación, genera un aumento en los costos de producción, no se cumplen los compromisos con los accionistas (mercado), y genera un ambiente de inseguridad al interior de la compañía

8.2. Priorización del problema

Dentro de las alternativas propuestas para la solución del problema planteado, está la incorporar una metodología que permita dar seguimiento a las distintas etapas del plan minero, como los inputs entregados, con direccionamiento en las tareas críticas, y en las de fácil aplicación, con un alto impacto.

9. CONCLUSIÓN

De la metodología presentada, en relación a la gestión de **Riesgos y Oportunidades**, es importante identificar que los resultados, se deben analizar según la profundidad de análisis en función a la etapa del proceso en que se obtienen, y deben contar con una secuencia que son fundamentalmente la entrega de Input, el Desarrollo del Plan y la Gestión de Riesgos y Oportunidades.

Entrega de *input*: generalmente los inputs son entregados a la planificación con un valor único, es decir un numero el cual no admite variaciones, de forma que es recibido como si fuera una verdad absoluta, y que existe total certeza que este valor no tendrá fluctuaciones

En este trabajo se puede desprender que, para los inputs, existe una probabilidad de ocurrencia según el valor asignado, por lo que cada input, presenta una variabilidad y que puede estar definida por una distribución estadística, que se asemeja a un vector de valores en un periodo de tiempo. Para mayor precisión en la información, se deben eliminar los valores outlayer, los que siempre existen en toda data estadística y que puede llevar a asignar un valor equivocado del input. Esto es aplicable a todos los inputs y debe ser utilizado en cada uno de los valores entregados.

Adicionalmente para estos inputs, los valores históricos, en el caso de no existir cambios en el futuro, y si las condiciones en que se van a generar o concretar, son similares a las históricas, es altamente probable que, para el plan, estén dentro de los valores esperados según la distribución estadística.

Se debe insistir en la importancia y responsabilidad en la entrega de inputs, debido a que hay ocasiones que estos valores están subvalorados o en otros casos son los “deseos” de alcanzar a estos valores, a veces, solo por las exigencias de las organizaciones, que finalmente se traducen en incongruencias, afectando los planes de producción, sin lograr los objetivos y generando un bajo sentido de pertenencia del Plan de Producción, porque sus resultados no son “creíbles” y consistentes con lo planteado inicialmente, es decir, no son alcanzables debido que en ocasiones requieren esfuerzos y recursos que los equipos no cuentan para lograr los objetivos, generando una gran cuota de frustración.

Por el contrario, si los inputs son reales, alcanzables y validados por los equipos, existe un alto grado de compromiso de los equipos que ejecutan el plan, aumentando el trabajo colaborativo y el sentido de pertenencia, debido a que conocen y validan los inputs del Plan de Producción, y están convencidos que los resultados se pueden alcanzar

A continuación, se muestran algunos resultados de las distribuciones del input, para generar la utilización para las distintas áreas de la planta:

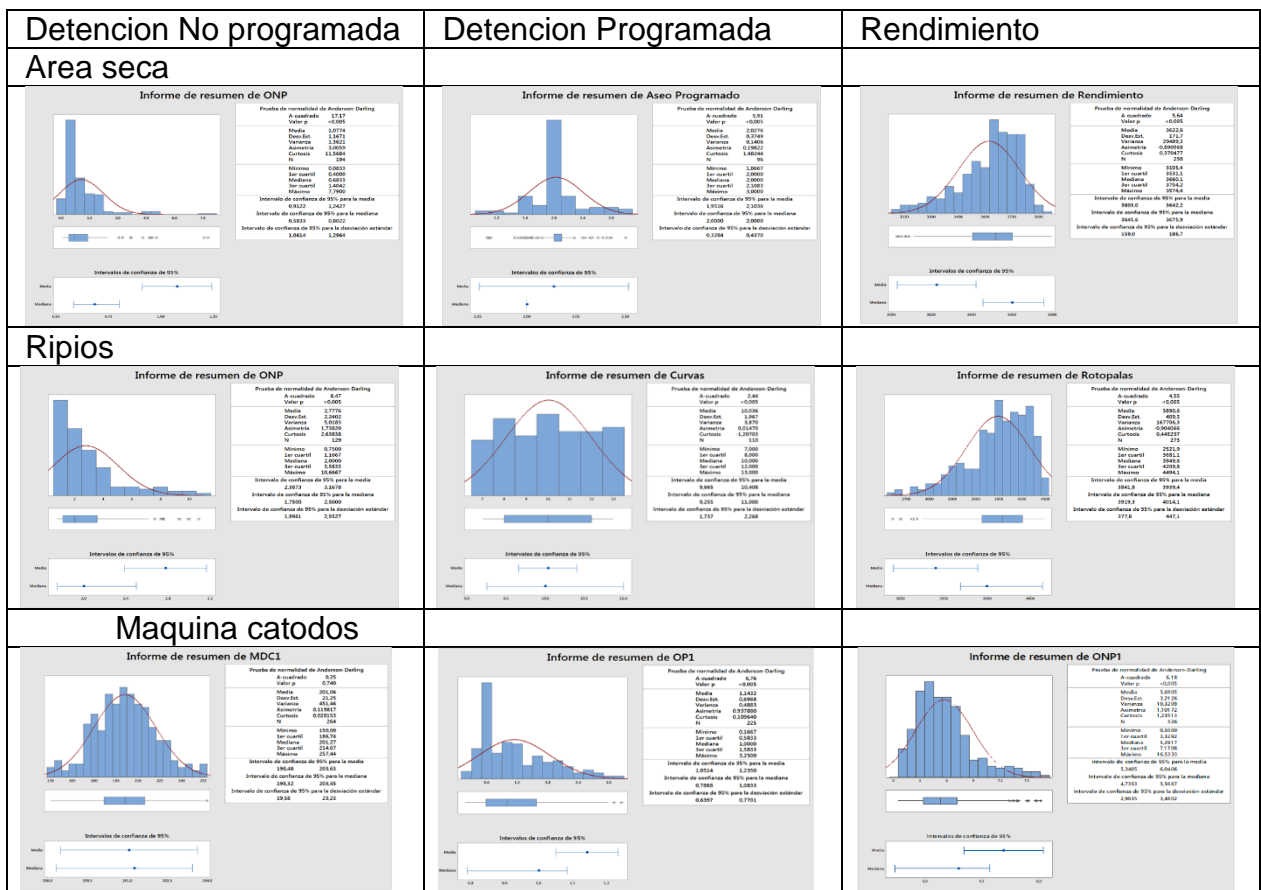


Grafico 14 "Distribuciones estadísticas para la generación de Input (Utilización)"

(Fuente: Elaboración Propia)

Al generar esta información y mostrar a la organización que existen una revisión y un respaldo estadístico de los valores entregados, y que además es posible que presenten un rango de probabilidad de ocurrencia, y es posible determinar junto a los equipos expertos cuales son las acciones para lograr el valor más beneficioso para el Plan de Producción.

Del plan de producción: el cual depende fundamentalmente de la calidad del input entregados, debido a que la “veracidad” de dicho plan está en función de la probabilidad real de ocurrencia que puedan tener estos inputs. Es labor fundamental del Planificador revisar, analizar y concluir cuan factibles son los valores entregados por las áreas de Análisis y Mejoramiento, que son los que serán ingresados al proceso de planificación, y de esto depende el valor final del Plan.

Es importante contar con una metodología de planificación que cuente con una secuencia que permita tener el control de las actividades de construcción del plan, que cuente con el tiempo necesario (dependiendo del horizonte de planificación), para

generar un plan de calidad, y tomando en consideración la experiencia de las áreas productivas, quienes son los que finalmente son los encargados de ejecutar el Plan de Producción, y si este Plan no cuenta con la aprobación y el compromiso del equipo, es muy probable que no se logre el objetivo final.

También es importante entregar como resultado del plan, un rango en los resultados y no un valor único, esto es casi como tener la certeza absoluta del número que es resultado del plan, y cuando tenemos el horizonte de un año es posible que ocurran muchos eventos que signifiquen que el plan no se cumpla o que se debe revisar alternativas para poner nuevamente el Plan en curso, es por esto que el valor final del Plan de Producción debe considerar un rango, una distribución estadística de cumplimiento del plan.

Para el primer Plan revisado para este trabajo, podemos observar que existe como resultado un valor determinístico, que no presenta variaciones y que es de carácter absoluto donde las distintas áreas se comprometen a cumplir sin mayor análisis de las variaciones que puedan ocurrir, debido a que desde el input el valor ya es determinístico.

De la Gestión de Riesgos y Oportunidades: revisaremos como se mueve este Plan de Producción, considerando que, al realizar el análisis y la Probabilidad de ocurrencia de dicho Plan de Producción (inicial), fue posible identificar que el rango de dicho plan, estaba entre los 165 kt a los 175 kt, (donde el P25 es 170 kt), y recordando que el valor entregado como plan de 172 kt, es un equivalente a un P75, por lo tiene una probabilidad de ocurrencia de un 25%, lo que está muy lejos de lo esperado que es a lo menos con una probabilidad de ocurrencia de 50 % (P50)

Una vez que se ha logrado la primera iteración del plan, y al construir e incorporar los planes de acción (para cada R&O), se generan cambios directos en la probabilidad y en el impacto de estos Riesgos y Oportunidades, por lo que los resultados de dichos planes de acción son considerados dentro del plan de producción, como un input y genera un impacto importante y fundamental en la disminución de la variabilidad del plan, entregándonos un resultado más controlado, generando un plan de producción con una mayor certidumbre y credibilidad, para la organización y para los accionistas (mercado), debido a que los eventos que en el comienzo no estaban en el Plan de Producción, ya fueron evaluados, y minimizado su impacto, mostrando que existe una visión general de lo que puede afectar a los objetivos del plan.

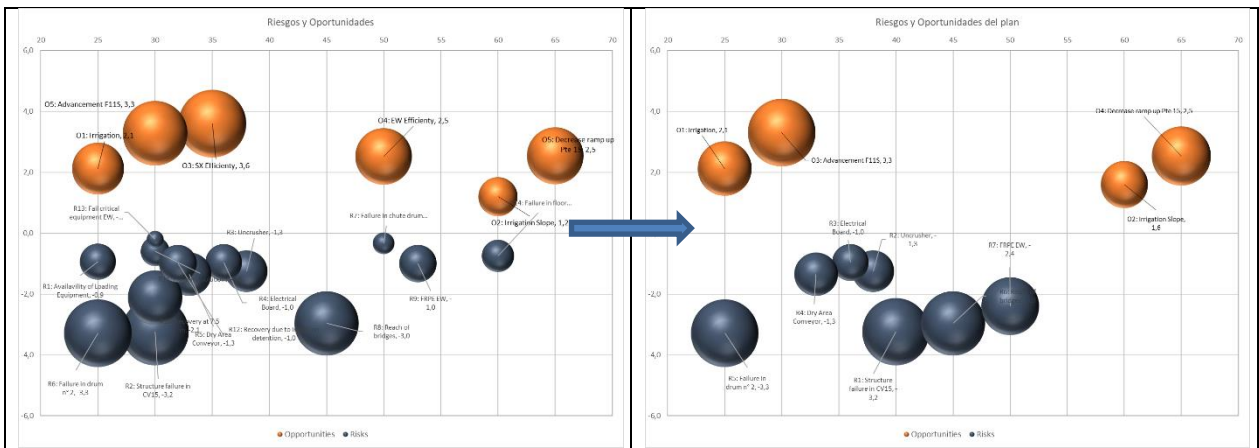


Grafico 15 "Variación de los R&O al implementar planes de acción"

(Fuente: Elaboración Propia)

Para la segunda iteración del Plan, podemos observar, que si consideramos como probabilidad de ocurrencia los valores que están entre el P25 (172.0 kt) y P75 (173.3 kt), y el plan presenta un P50 de 172.7 kt.

Con estos valores logramos identificar que, si estamos en presencia de un Plan predecible, con un cumplimiento lograble y con resultados acordes a los esperado en el plan superior (plan de largo plazo). Con estos valores es posible generar los compromisos con la organización, además de generar el compromiso de todas las áreas responsables de la ejecución del plan, con un alto grado de pertenencia y de participación

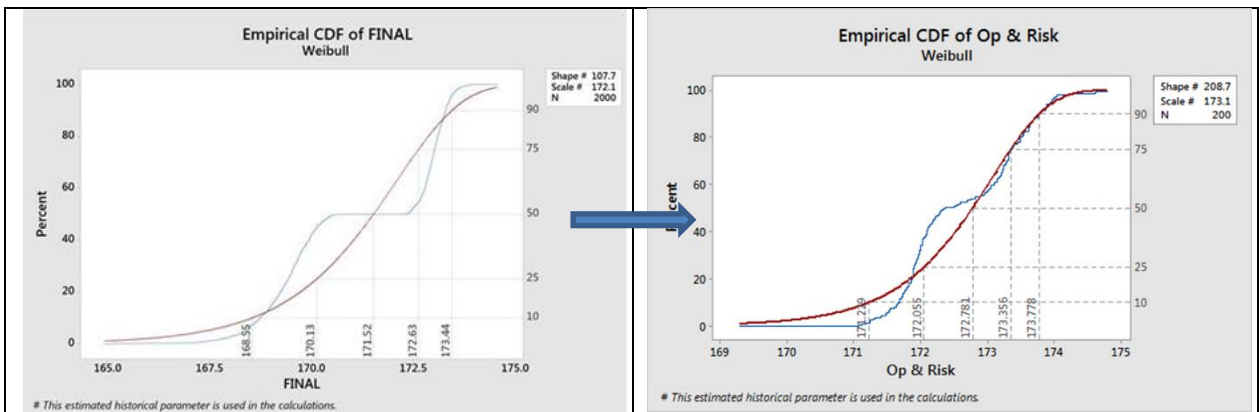


Grafico 16 "Variación de la probabilidad de ocurrencia al implementar planes de acción"

(Fuente: Elaboración Propia)

Con los datos obtenidos de los análisis estadísticos de ambos planes de acción, es evidente que el Plan de producción que no identifica cuáles son sus riesgos y oportunidades, que no cuenta con planes de acción para los R&O, presenta una menor probabilidad de cumplimiento (P80), y en el segundo caso, el que presenta planes de acción y seguimiento de esto, se encuentra con mayor probabilidad de ocurrencia (P50).

Si consideramos el ejercicio del plan de sensibilidad, que también es una alternativa para el análisis de los planes de producción y de enfocarse en los indicadores que son críticos para la operación, se observa que, al tener un mayor control en los inputs, tenemos planes con menor desviación y con una probabilidad aceptable de que este ocurra.

Percentil	Sensibilidad del plan
P25	170.309
P50	172.194
P75	177.806
Máx.	176.854
Min	167.664

Tabla 29 "Resultados de la sensibilidad del Plan de Producción"

(Fuente: Elaboración Propia)

10.RECOMENDACIONES

Después del trabajo presentado, donde se incorpora una Metodología para Disminuir la incertidumbre de los Planes de Producción, la recomendación es que el proceso y las etapas mostradas en dicha metodología, debe incluirse en todos los planes de producción, independiente del horizonte de planificación, debido a que los resultados que observamos en forma de tesis, se ajustan a lo esperado, con un Plan P50, y con una variabilidad entre el P25 y P75 de 1,3 kt.

También como se indicó dentro de la metodología, es esencial generar las instancias, la disposición para identificar los Riesgos y Oportunidades que pueden presentar las actividades propias de un plan de producción, y que donde participen activamente todos los "actores" de la organización, de esta forma, lograr identificar la mayor parte de los R&O, que puedan afectar nuestro Plan de Producción. Como todo orden de implementación, este proceso está relacionado con el compromiso de las

personas en participar en el proceso, la experiencia de los equipos de trabajo, las energías en poder mejorar, el incentivo en mejorar la productividad donde la identificación de los R&O, en comprometerse en buscar planes de acción, y la responsabilidad de ejecutar estos planes de acción, para ser exitosos

También se recomienda, considerar esta metodología desde la entrega de los Input, debido a que, al tomar planes de acción para minimizar la variabilidad de los datos entregados, es posible obtener desde el comienzo, de la construcción del plan, nos logre entregar un resultado más robusto, que además asegura el éxito de la metodología y de los resultados del negocio, que hace referencia a minimizar los imprevistos y sus consecuencias, donde el análisis estadístico es fundamental para analizar los futuros desempeños y resultados esperados.

Lo importante de la aplicación de esta metodología para los objetivos de la organización y las expectativas de los accionistas, es que tendremos Planes de Producción, mucho más confiables y predecibles, donde el cumplimiento de los planes está asegurado, en función de la probabilidad de ocurrencia establecida, los costos asociados a eventos no planificados se minimizan, como también se minimizan las pérdidas de producción, por lo que la producción de cobre es posible comprometerla, y donde los riesgos para las personas se reducen, debido a que no se realizan actividades fuera de control, y sin un plan establecido. Esta metodología lo principal que depende del capital humano, su compromiso, profesionalismo y la confianza en los resultados del trabajo mancomunado.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Chilena del Cobre datos estadísticos precio del cobre
- Minitab, glosario de conceptos
- Minitab, aplicación de estadísticas
- Inversión bajo incertidumbre-Minería Chilena-Juan Ignacio Guzmán
- Productividad en la Gran Minería del Cobre-Comisión Nacional de Productividad
- Informe de sustentabilidad de Minera Spence
- Plan de Producción 5YP20
- Procedimiento de gestión de input-Minera Spence
- Procedimiento de construcción de plan minero- Minera Spence
- La clase ejecutiva diplomado Universidad Católica-Análisis de Sensibilidad
- Diario financiero
- AMTC- Tecnología para la Minería
- Productividad en la minería chilena y análisis de sus principales factores explicativos a nivel de firma- Cristóbal Andrés Zúñiga Delgado
- Página de inicio de BHP
- Planning Playbook Minerals Americas
- Procedimiento de recepción de input para planificación planta-Minera Spence
- Método de Montecarlo en proyectos- Recursos en Project Managemen