

GESTIÓN DE RIESGOS Y VALORIZACIÓN DE MEDIDAS DE GESTIÓN EN LA PLANIFICACIÓN MINERA

TALLER DE COMISIÓN CALIFICADORA DE COMPETENCIAS EN RECURSOS Y RESERVAS MINERAS

CHRISTIAN LICHTIN

TABLA DE CONTENIDOS

1. CONTEXTO: ¿EN QUÉ NIVEL DE ANÁLISIS ESTAMOS?
2. METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS: ¿QUÉ SE BUSCA?
3. VALORIZACIÓN DE MEDIDAS CONSIDERANDO INCERTIDUMBRE: DISTINTOS ENFOQUES

EXPERIENCIA: GEM

- Somos una empresa de ingeniería industrial cuyo foco es apoyar a la industria minera en temas de gestión y economía



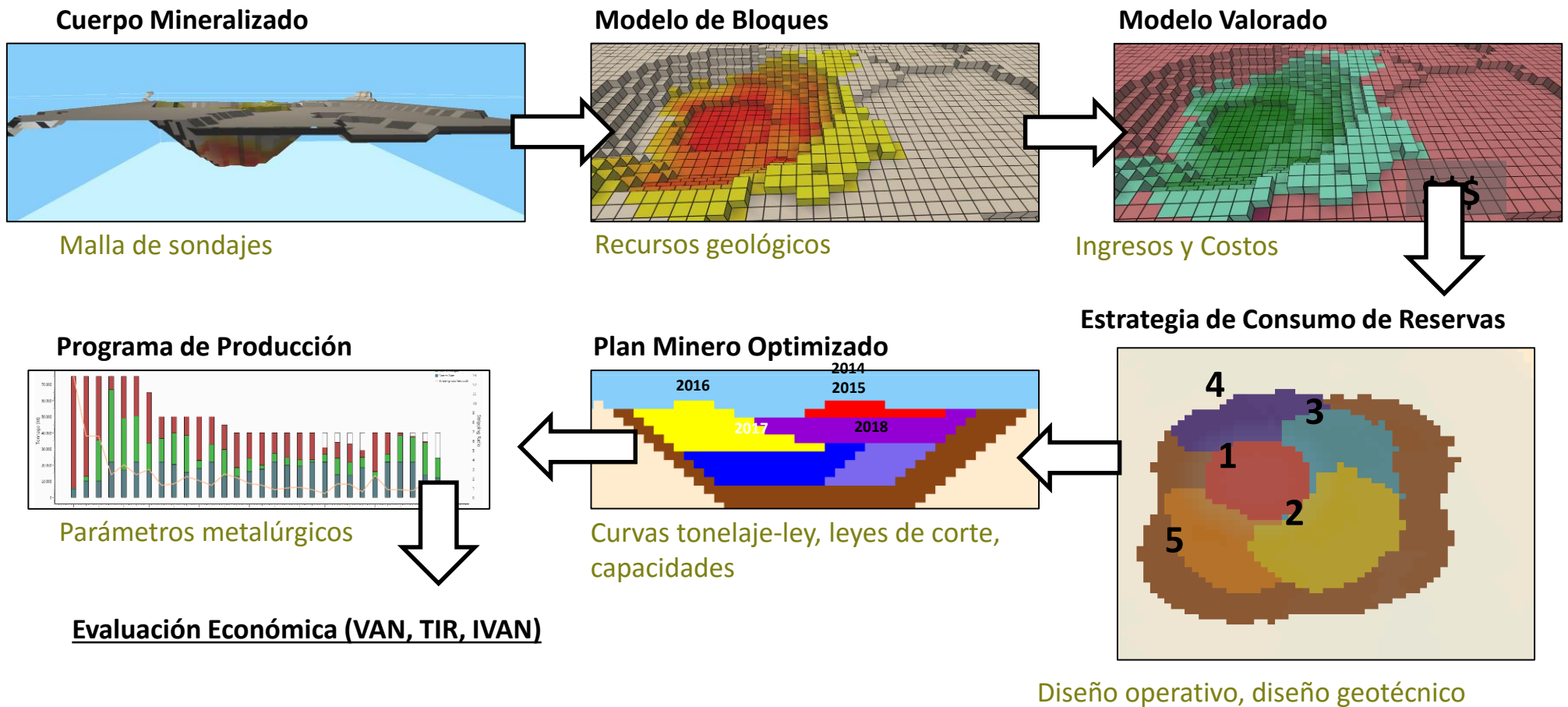
+ de 25
Análisis de
Riesgos en la
Industria
Minera

Identificación
principales
problemas en
Planificación
Minera: **nula
probabilidad
de cumplir**

- Contamos con seis áreas de negocios que agrupan nuestro expertise y conocimiento, así como las más avanzadas técnicas y herramientas aplicables en minería: Evaluación, Estrategia, Economía, Optimización, Capacitación e I+D

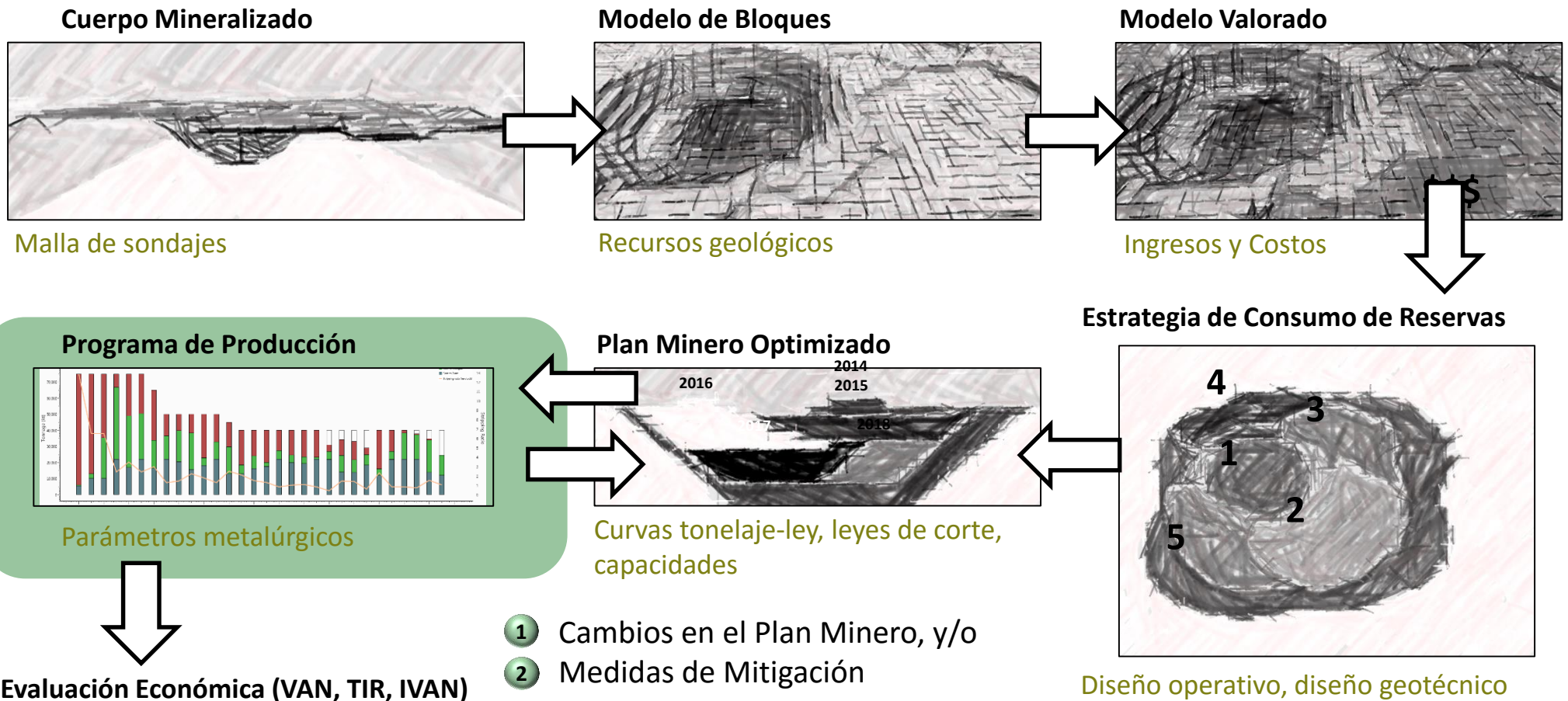
1. CONTEXTO: ¿EN QUÉ NIVEL DE ANÁLISIS ESTAMOS?

CICLO DE PLANIFICACIÓN



1. CONTEXTO: ¿EN QUÉ NIVEL DE ANÁLISIS ESTAMOS?

EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL PLAN DE PRODUCCIÓN



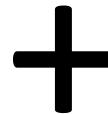
1. CONTEXTO: ¿EN QUÉ NIVEL DE ANÁLISIS ESTAMOS?

CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA

Enfoques

Objetivos

Maximizar probabilidad de cumplimiento



Romper asimetría información

Enfoque estratégico

Enfoque en la descripción más que en la causalidad

Medición rápida y simple

Relación entre nivel de detalle y factibilidad

Estimación Cuantitativa

Estandarizar la valorización de los impactos

Identificación cuellos de botella

Priorización de la gestión considerando todos los riesgos a la vez

Estimación de potenciales

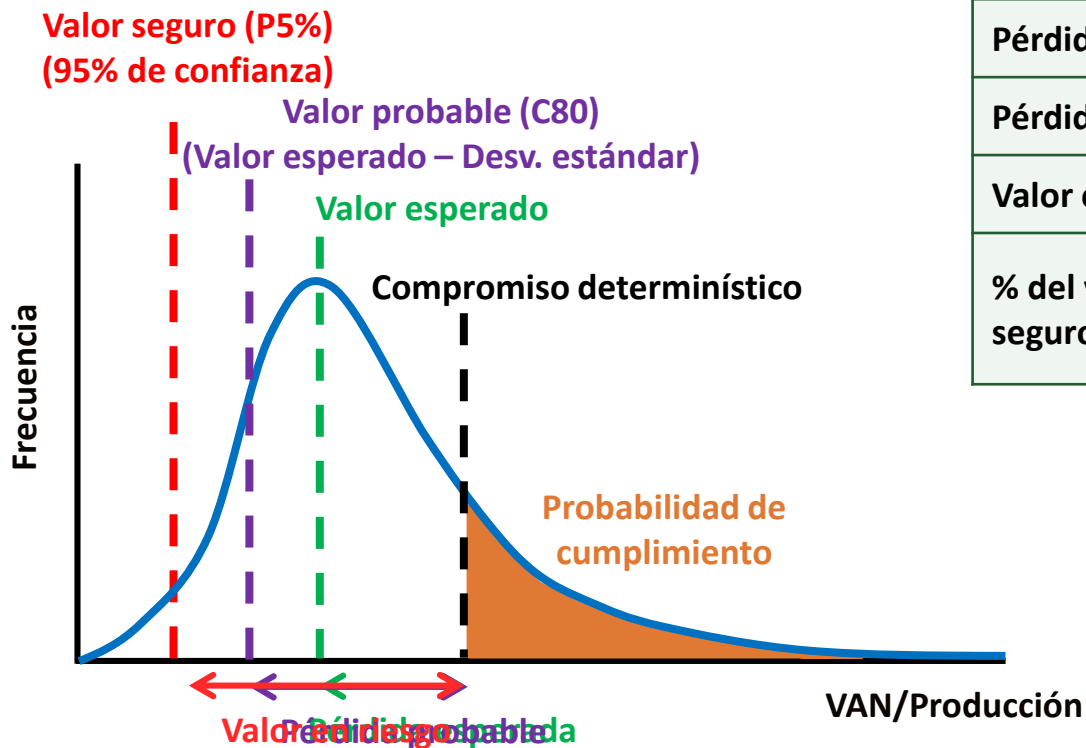
Análisis Costo/Beneficio medidas

Guiar la Gestión

Aumentar la probabilidad de cumplir con el plan minero en su totalidad

1. CONTEXTO: ¿EN QUÉ NIVEL DE ANÁLISIS ESTAMOS?

CONCEPTO DE INCERTIDUMBRE



Pérdida esperada	Compromiso – Valor esperado
Pérdida probable	Compromiso – Valor probable (C80)
Valor en riesgo	Compromiso – Valor seguro (P5%)
% del valor seguro	$\frac{\text{Valor seguro}}{\text{Compromiso determinístico}}$

1. CONTEXTO: ¿EN QUÉ NIVEL DE ANÁLISIS ESTAMOS?

CONCEPTO DE INCERTIDUMBRE



Valor seguro (P5%)
(95% de confianza)

Valor probable (C80)

(Valor esperado - Desv. estándar)

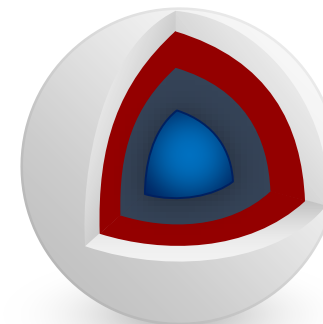
Valor esperado

Compromiso determinístico

Probabilidad de cumplimiento



Ejemplo nivel de detalle:
Problemas Capacidad Planta



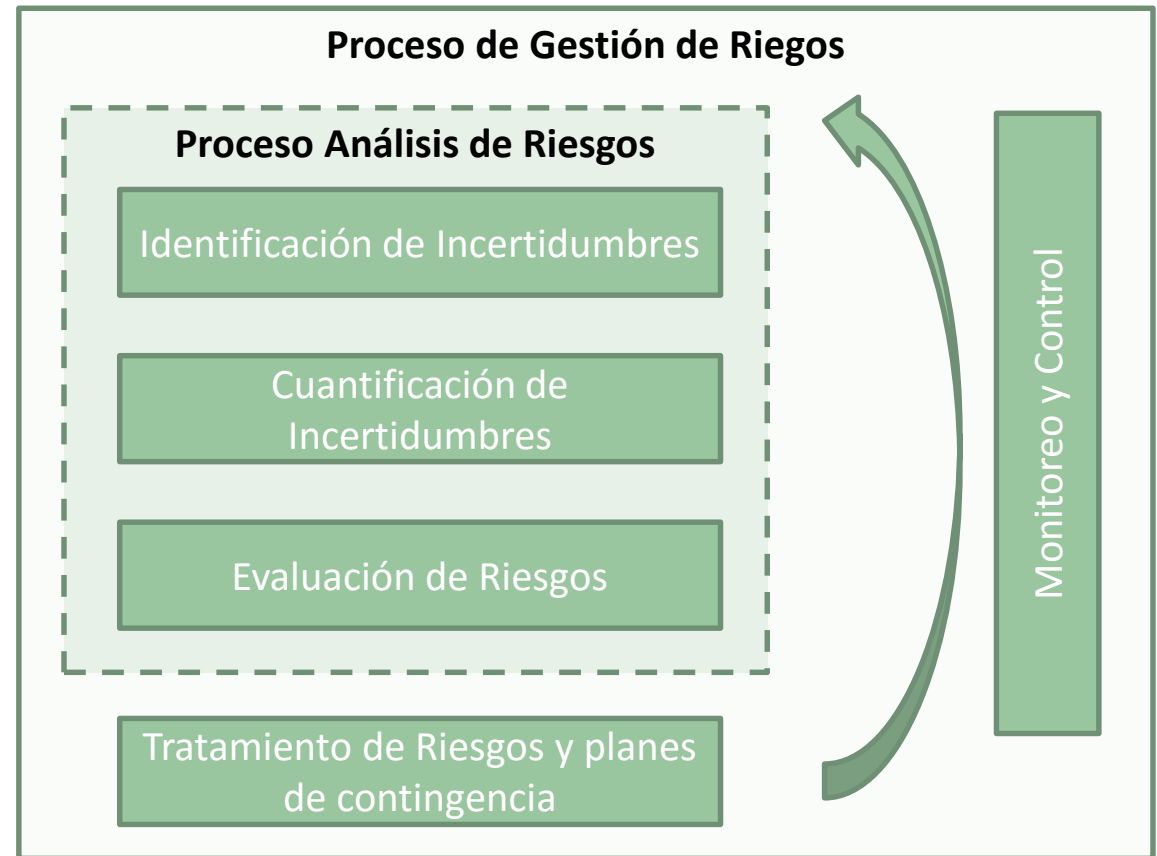
- Throughput ?
- Uso Global ?
- Disponibilidad correas?
- Desgaste mayor de correas?

2. METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS

ETAPAS

El proceso permite:

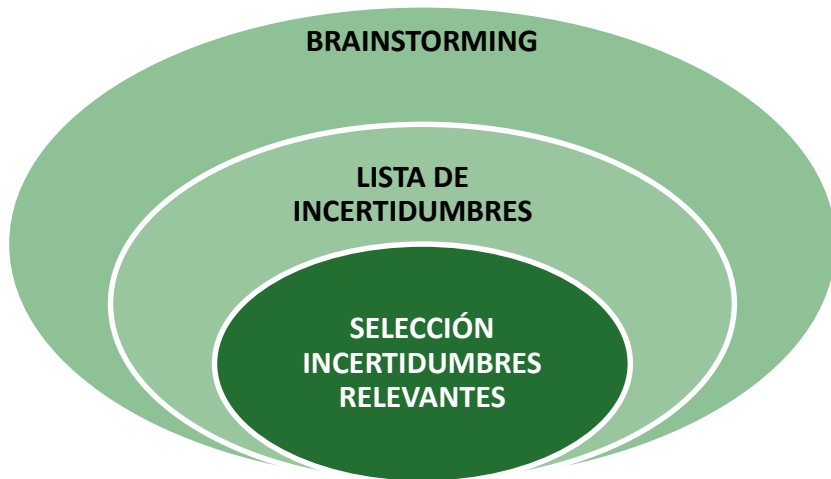
- 1 Conocer la **factibilidad de cumplir** con los compromisos derivados en el plan minero, e incluso **fijar** estos **compromisos** en base al nivel de riesgo deseado
- 2 **Elegir** entre varias alternativas productivas no solo considerando su producción esperada u otros indicadores esperados, sino también sus **niveles de riesgo**, adecuándose así al perfil de la compañía y de sus inversionistas
- 3 **Justificar inversiones** para mitigar los riesgos de la operación e incrementar así la probabilidad de cumplimiento del plan



2. METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN INCERTIDUMBRES

Teoría:

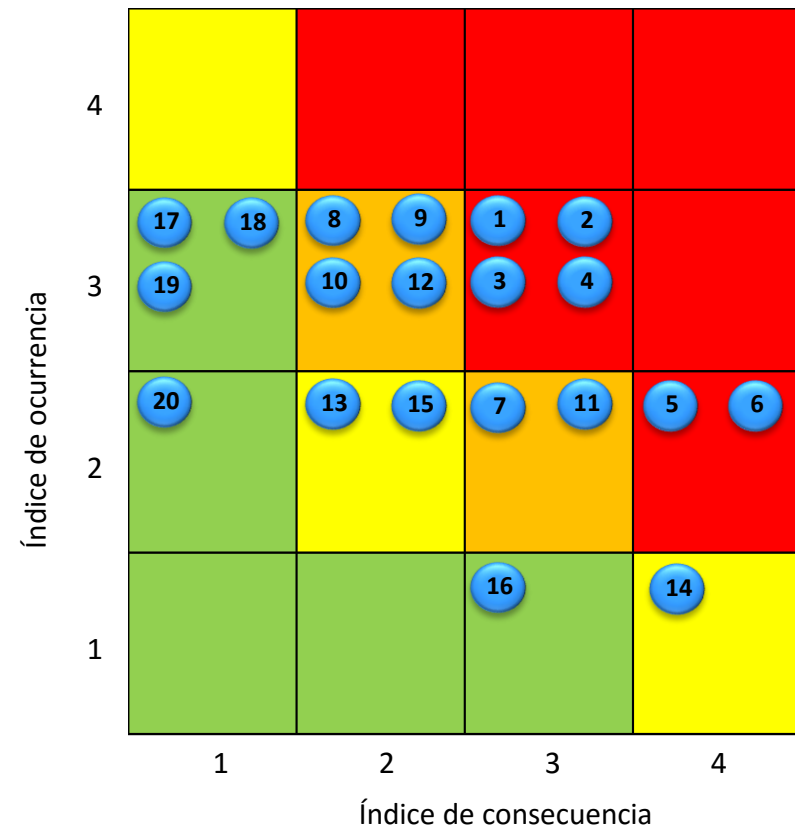


Índice consecuencia

		Menor	Moderada	Mayor	Severa
Índice		1	2	3	4
Índice ocurrencia	Casi seguro	4	8	12	16
	Probable	3	6	9	12
	Posible	2	4	6	8
	Improbable	1	2	3	4

Ejemplo:

MATRIZ DE INCERTIDUMBRES RELEVANTES



2. METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS

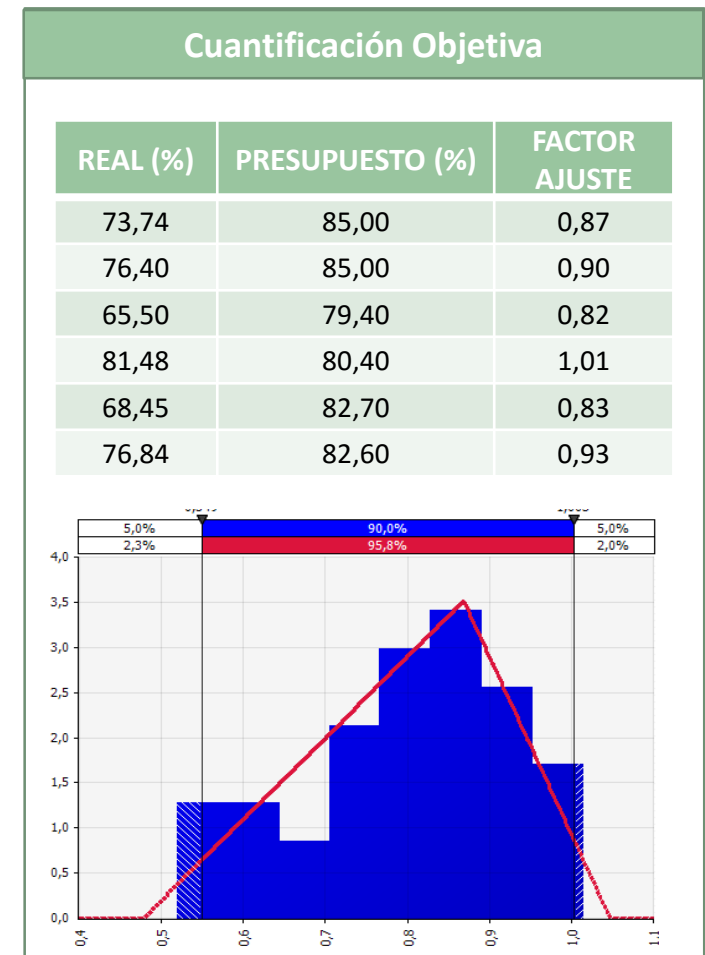
CUANTIFICACIÓN INCERTIDUMBRES

Teoría:

- Existen tres tipos de cuantificación:
 - Objetiva: Basada en datos históricos, bajo el supuesto de que estos representan de buena manera el comportamiento futuro
 - Subjetiva: Basada en juicio experto
 - Mixta: Incluye componentes objetivas y subjetivas
- Las incertidumbres ya cuantificadas se denominan riesgos

RIESGO	DISTRIBUCIÓN	MEDIA	P5%	P95%
Disponibilidad PC5500	Normal(1,00;0,11)	1,00	0,82	1,18
Disponibilidad PC8000	Normal(0,98;0,13)	0,98	0,77	1,19
Disponibilidad L1850	Triangular(0,56;1,30;1,47)	1,11	0,74	1,38
Rendimiento CAEX	Triangular(0,61;0,92;1,31)	0,95	0,71	1,19
Utilización CAEX	Triangular(0,68;0,87;1,16)	0,91	0,75	1,08
Ley de Cobre	Triangular(0,48;1,18;1,39)	1,01	0,65	1,28
Recuperación Cu	Uniforme(0,93;1,13)	1,03	0,94	1,12

Ejemplo:



2. METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS

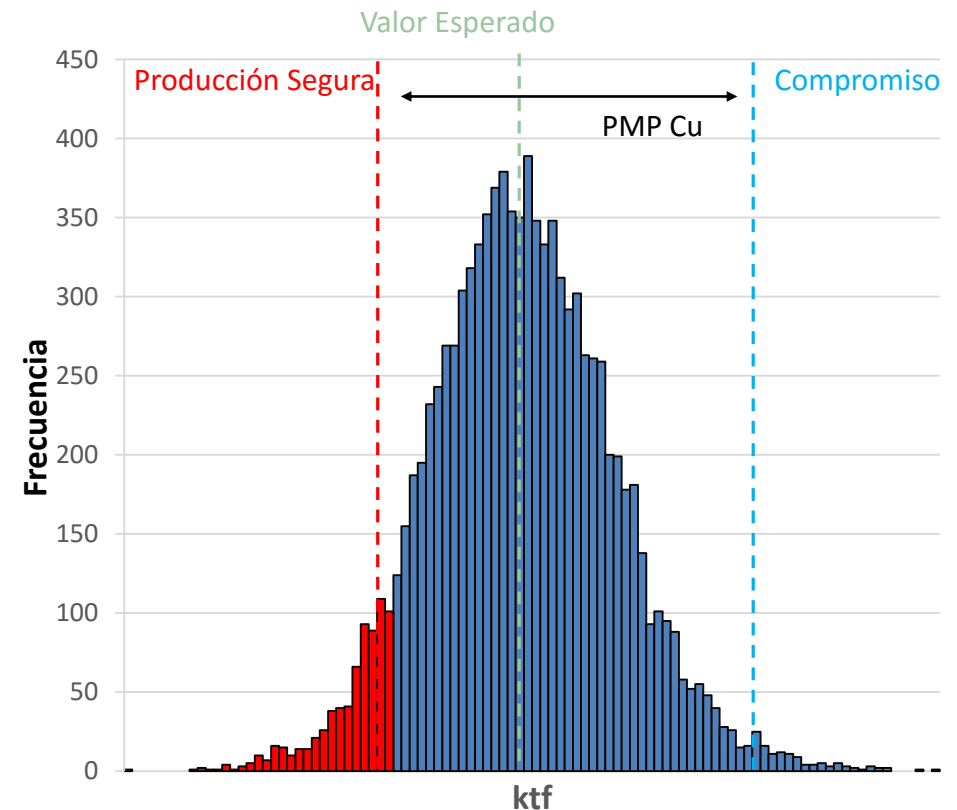
EVALUACIÓN DE RIESGOS

Teoría:

- La evaluación se realiza a través de un modelo de simulación en Excel, lo cual permite trazabilidad de la modelación
- Independiente del motor de simulación que se utilice, lo importante es cómo se modelan los distintos eslabones productivos
- Por ejemplo, la modelación de la mina debiese considerar:
 1. Modelación por fase
 2. Asignación de equipos carguío a ciertas fases
 3. Priorización de fases para asignar transporte
 4. Inestabilidades por fase
 5. Ley/Diluciones por fase
 6. Cambio de secuencia gatillada por atrasos
 7. Cambio de secuencia gatillada por permisos/capacidades de botadero o tranques de relave

Importante → Necesidad de reprogramar el plan frente atrasos/adelantos

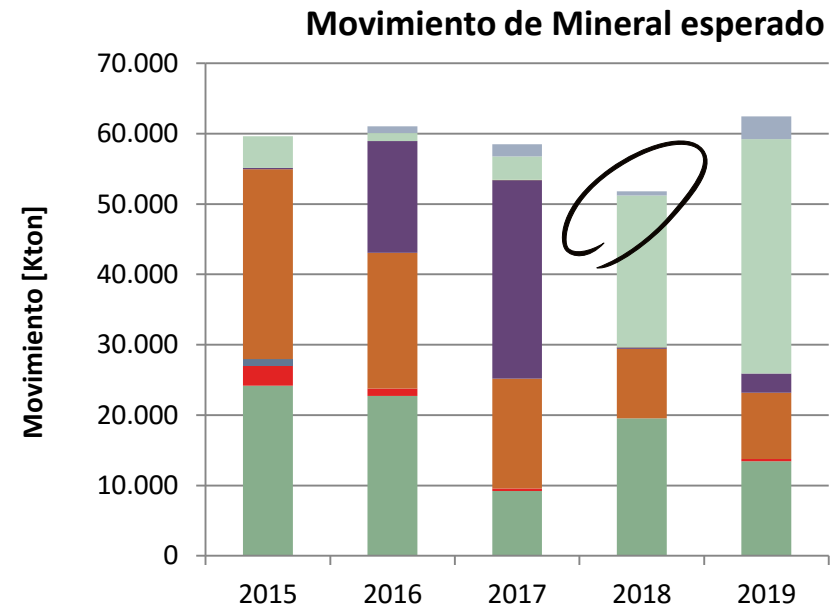
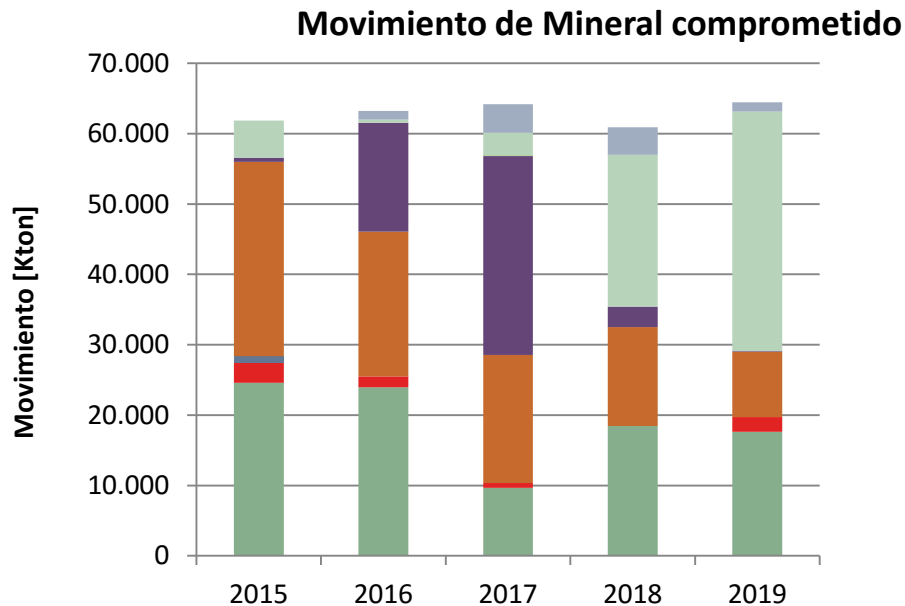
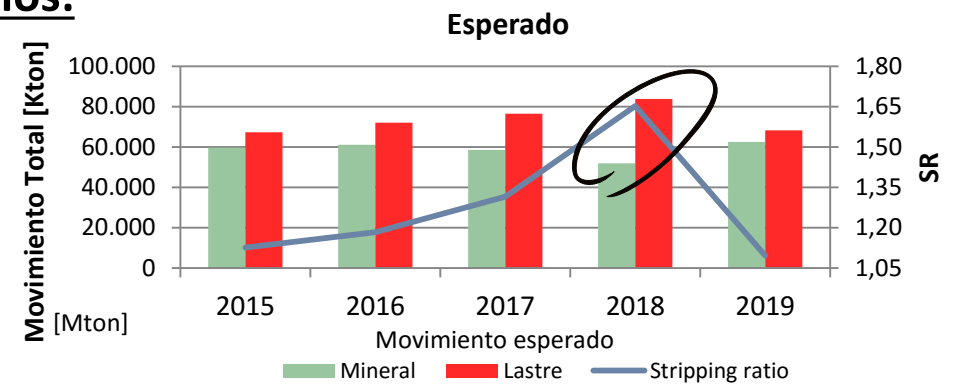
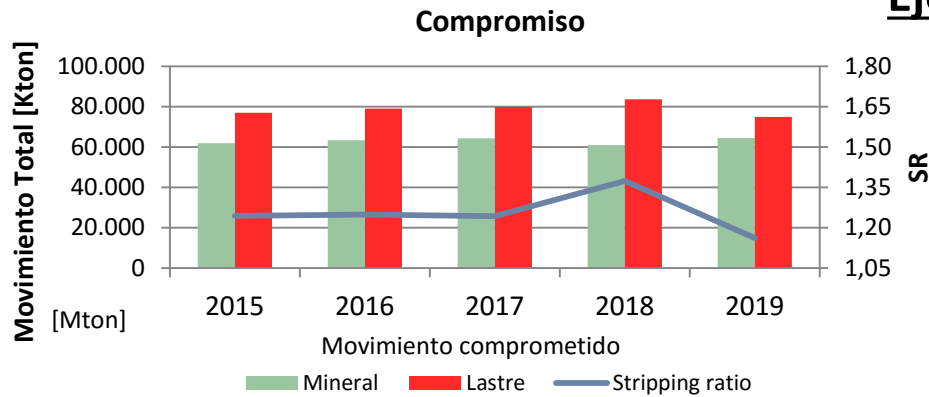
Ejemplo:



2. METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS

EVALUACIÓN DE RIESGOS (CONT.)

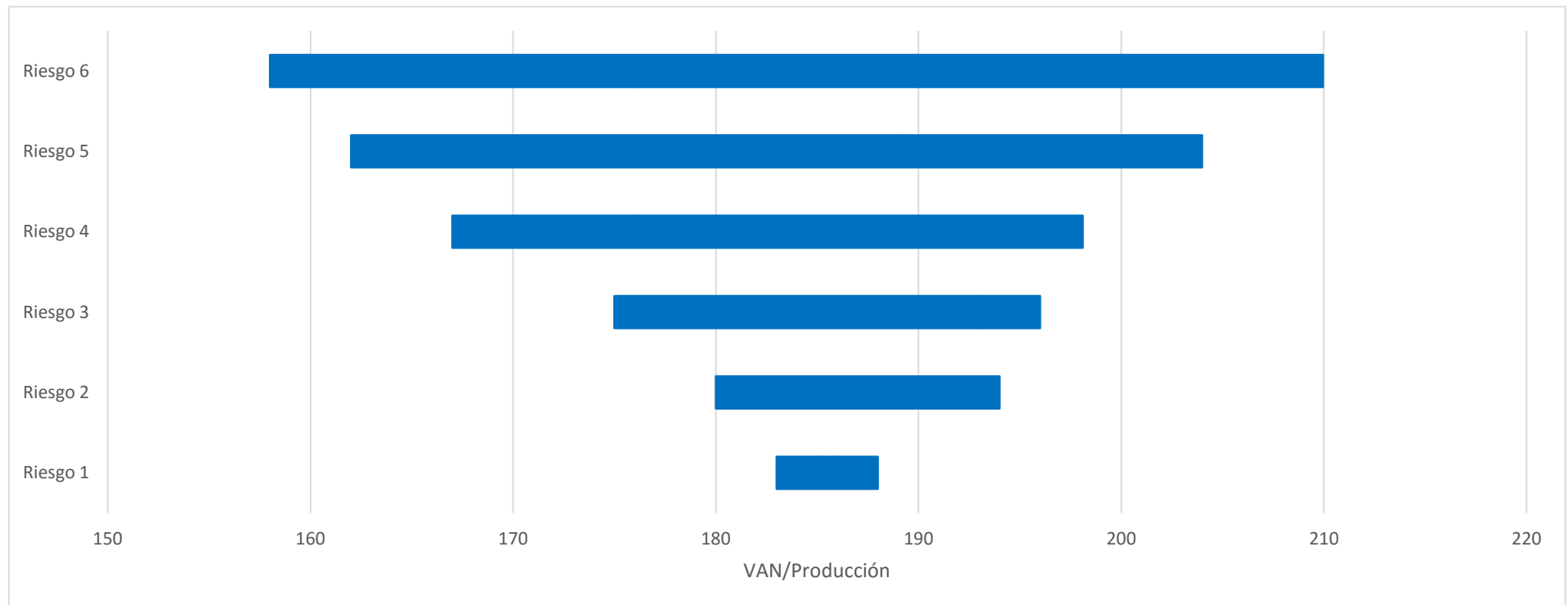
Ejemplos:



2. METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS

EVALUACIÓN DE RIESGOS: DETERMINACIÓN DE RIESGOS PRINCIPALES

Ejemplos:

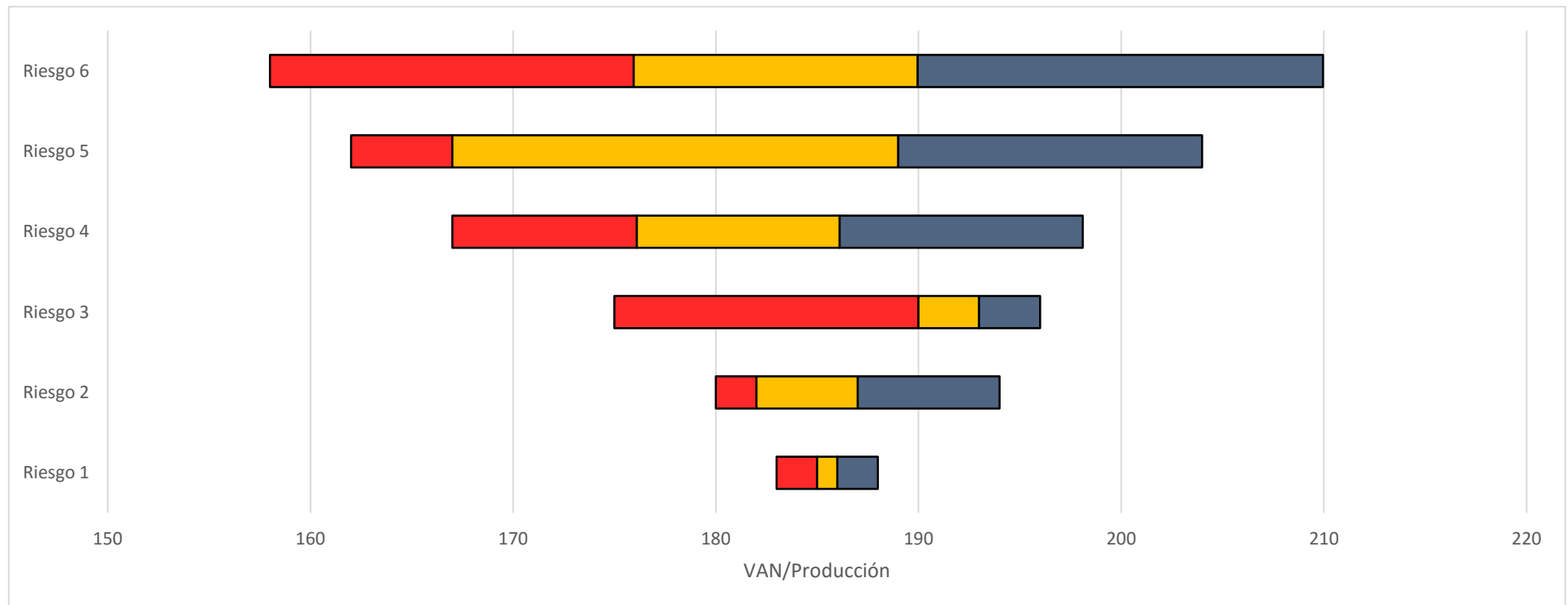


- Es un buen indicador para analizar cuán desfavorables o desfavorables los resultados pueden ser los riesgos
- No obstante, para apoyar de mejor manera la gestión de los riesgos, no solo es necesario estimar los valores extremos, sino que la distribución del impacto que este riesgo pudiese generar
- Para ello se perfeccionó el gráfico, en donde se agregan indicadores de la distribución

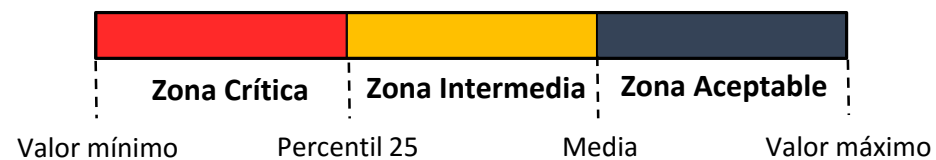
2. METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS

EVALUACIÓN DE RIESGOS: DETERMINACIÓN DE RIESGOS PRINCIPALES

Ejemplos:

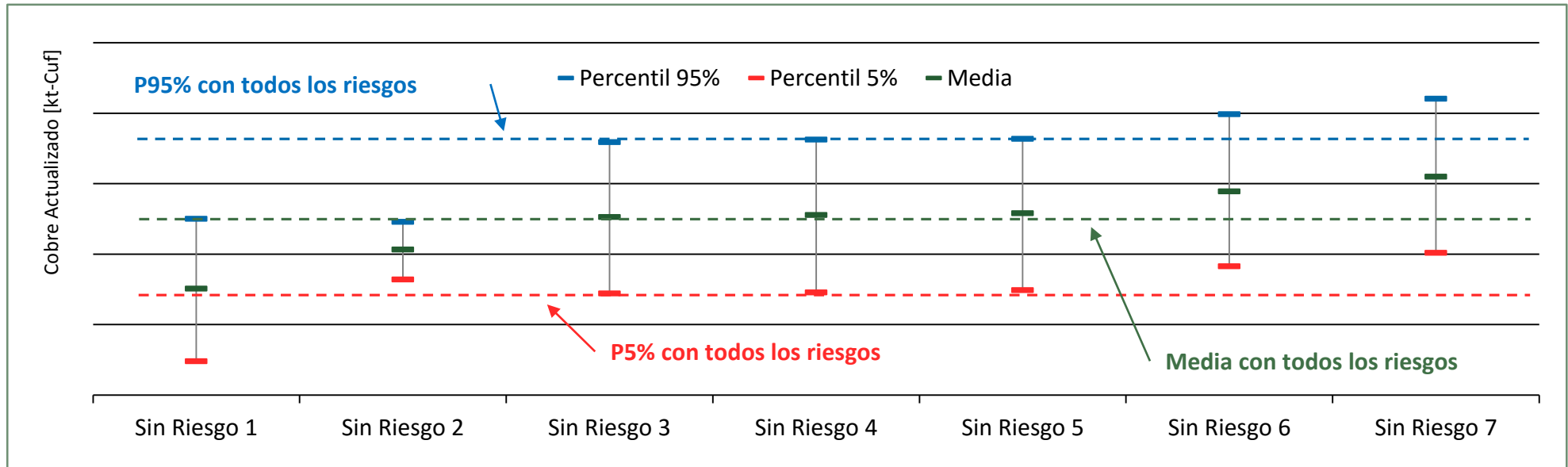


Así es posible estudiar cómo es la distribución que genera un riesgo y no solo sus valores extremos



3. VALORIZACIÓN DE MEDIDAS CONSIDERANDO INCERTIDUMBRE

IMPACTO EN EL TÉRMINO DE UN RIESGO

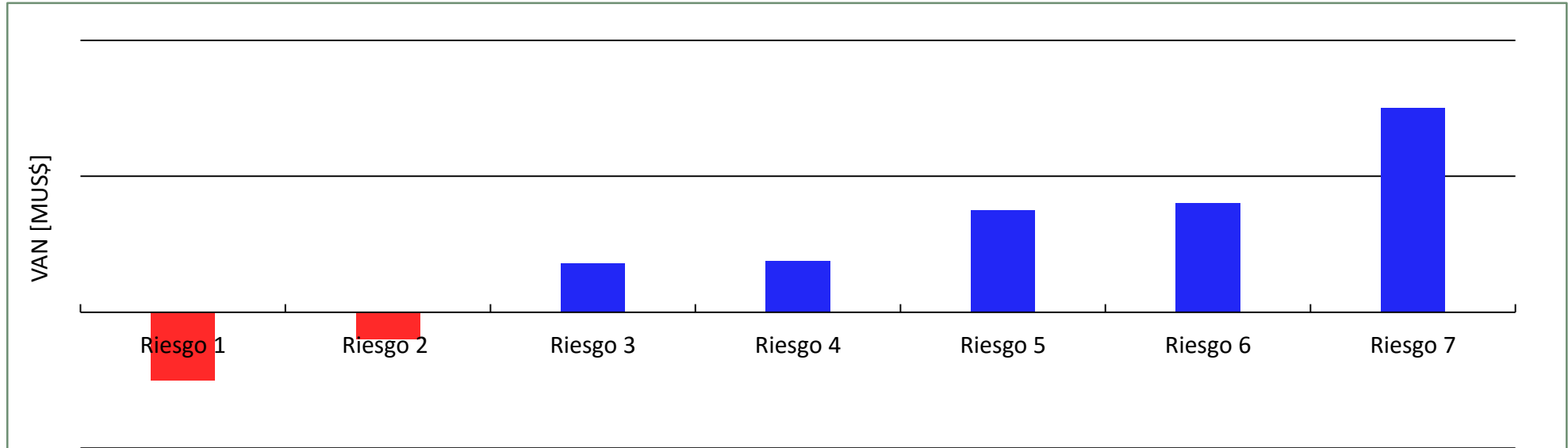


COMENTARIOS

- El análisis anterior permite ver cómo se comporta la operación si uno de los riesgos es eliminado, **manteniendo los demás**
- El ir removiendo un riesgo a la vez permite identificar cuáles serían **los nuevos cuellos de botella** de la operación y, por ende, seguir gestionando la operación
- Para entender el gráfico, se debe analizar cómo cambian los percentiles de la simulación considerando todos los riesgos respecto a los percentiles una vez removido el riesgo
- Por ejemplo, el Riesgo 1 genera un **impacto positivo** en la evaluación dado que se obtienen **estadísticos menores** a los de la simulación completa al removerlo. Por el contrario, el Riesgo 7 sí debiese ser removido dado que es el que genera un **mayor aumento** en los estadísticos al **ser removido**

3. VALORIZACIÓN DE MEDIDAS CONSIDERANDO INCERTIDUMBRE

VALORIZACIÓN POTENCIAL DEL BENEFICIO

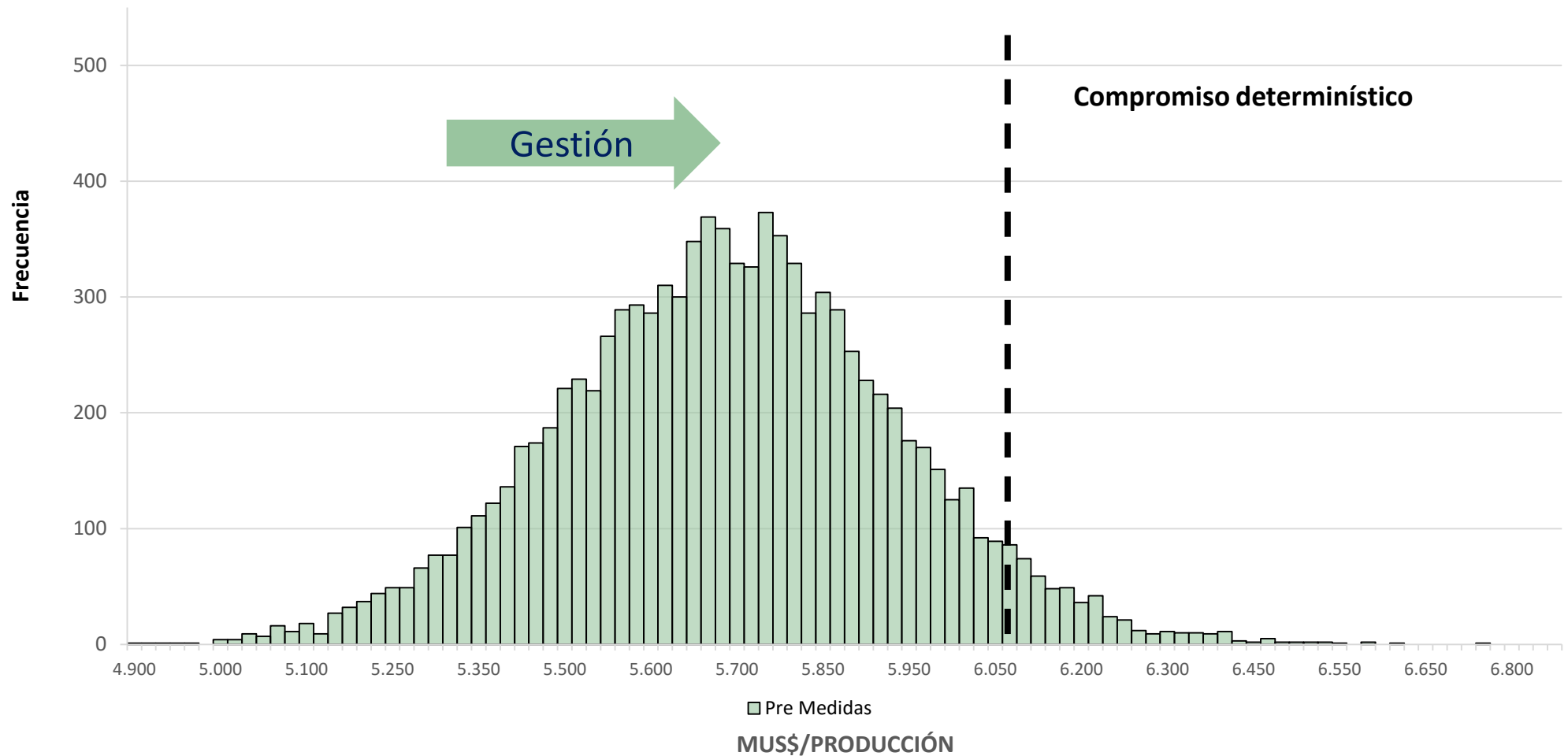


COMENTARIOS

- En caso de querer estimar el beneficio económico de eliminar un riesgo, se puede calcular la valorización del diferencial de producción con todos los riesgos y sin el riesgo
- Lo anterior permite establecer hasta **qué punto es conveniente invertir** con tal de obtener un beneficio
- Este análisis se puede realizar en base a los estadísticos que el cliente estime conveniente, siendo el valor esperado o el valor en riesgo los más recomendados
- En el ejemplo, el Riesgo 7 genera una mayor beneficio al ser tratado. Lo que correspondería analizar es cuánto cuesta eliminarlo y con esto establecer el **beneficio neto** de su tratamiento

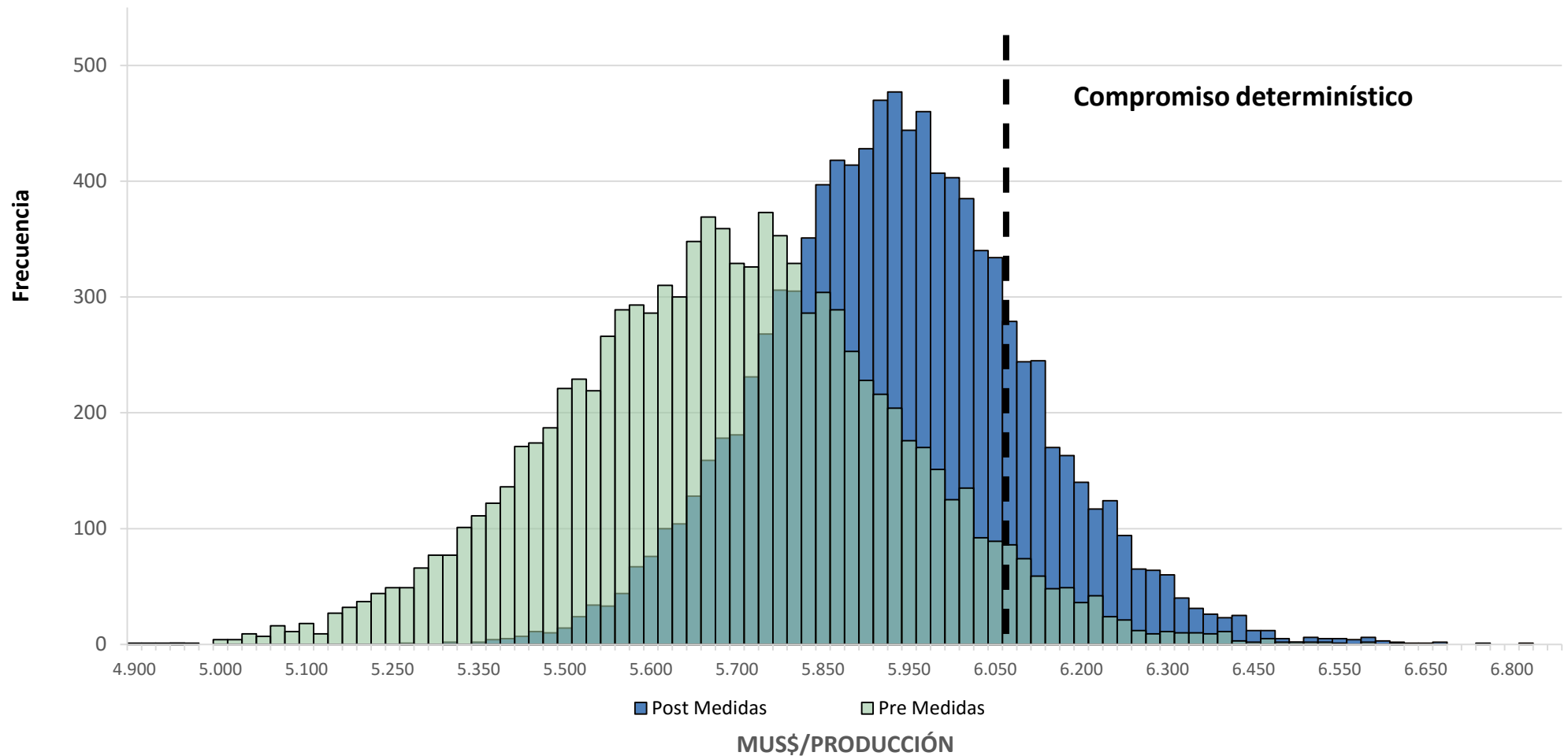
3. VALORIZACIÓN DE MEDIDAS CONSIDERANDO INCERTIDUMBRE

OBJETIVO FINAL



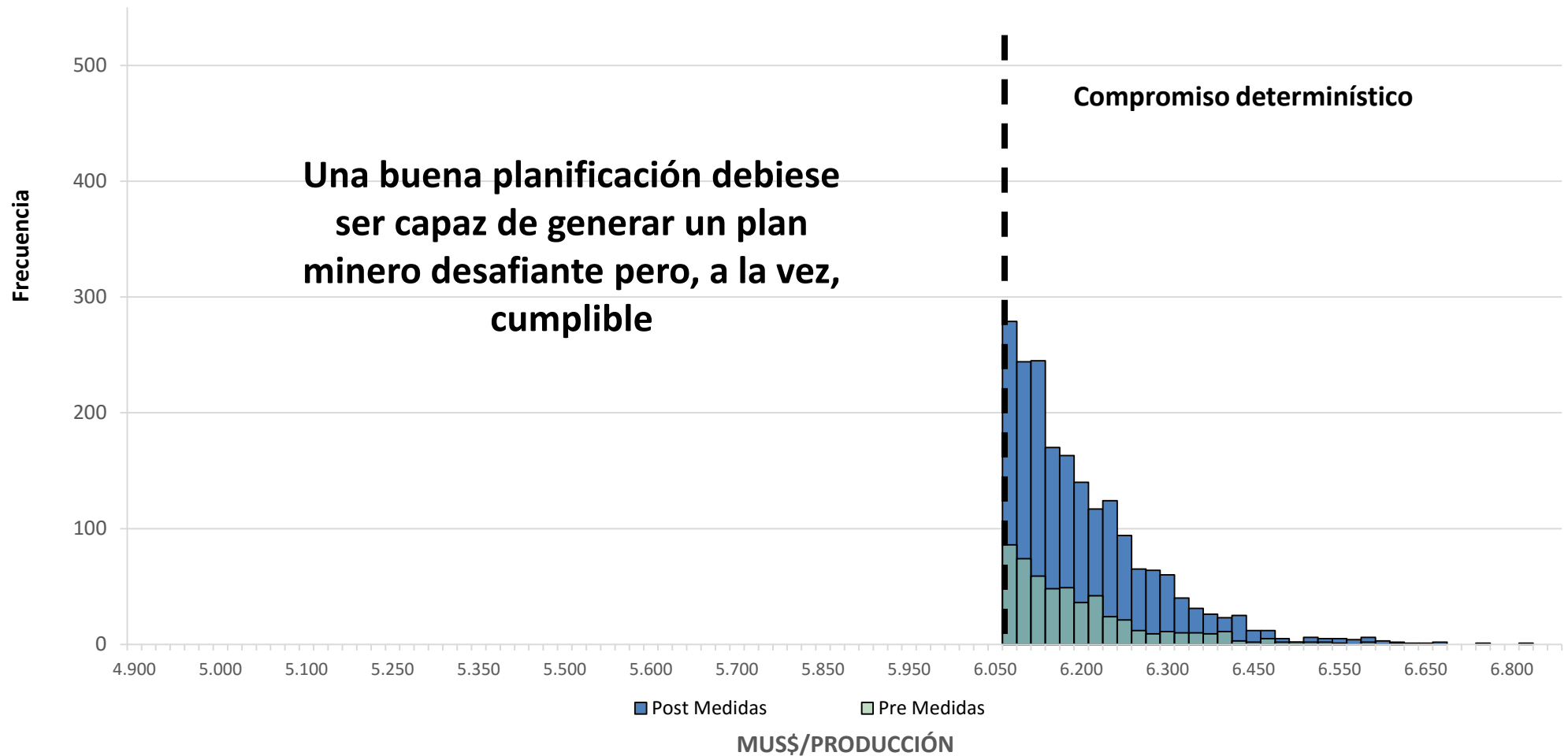
3. VALORIZACIÓN DE MEDIDAS CONSIDERANDO INCERTIDUMBRE

OBJETIVO FINAL



3. VALORIZACIÓN DE MEDIDAS CONSIDERANDO INCERTIDUMBRE

OBJETIVO FINAL



CHRISTIAN LICHTIN

Gerente Operaciones

clichtin@gem-ing.cl

Este servicio ha sido entregado bajo los controles establecidos por un Sistema de Gestión de la Calidad aprobado por Bureau Veritas Certification conforme con ISO 9001. Número de Certificado: 8309

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
0	07-09-2016	Versión original	CL	CH	CL