

**Taller: Guía de Informe Técnico de Vida Útil de Faenas Mineras
bajo Cumplimiento del Código CH 20235 y Ley 20551**

Los Factores Modificantes en la Vida Útil de Proyectos Mineros

Iván Cerda Bernal

24 de Agosto, 2021



Definición Ley N° 20.551

Vida Útil del Proyecto Minero: Aquel cálculo que se efectúa en función de las reservas demostradas, probadas más probables, certificadas por una Persona Competente en Recursos y Reservas Mineras de acuerdo a las disposiciones de la ley N°20.235, en relación con los niveles anuales de extracción de mineral.

$$\text{Vida Útil (años)} = \frac{\text{Reservas Mineras (ton)}}{\text{Extracción Mineral } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}}\right)}$$

Notas:

- Reservas Mineras = Reservas Probadas + Reservas Probables
- Mediana Minería utiliza Recursos en lugar de Reservas

Relación entre Recursos y Reservas Minerales



Factores Modificantes



Factores Minero - Metalúrgicos

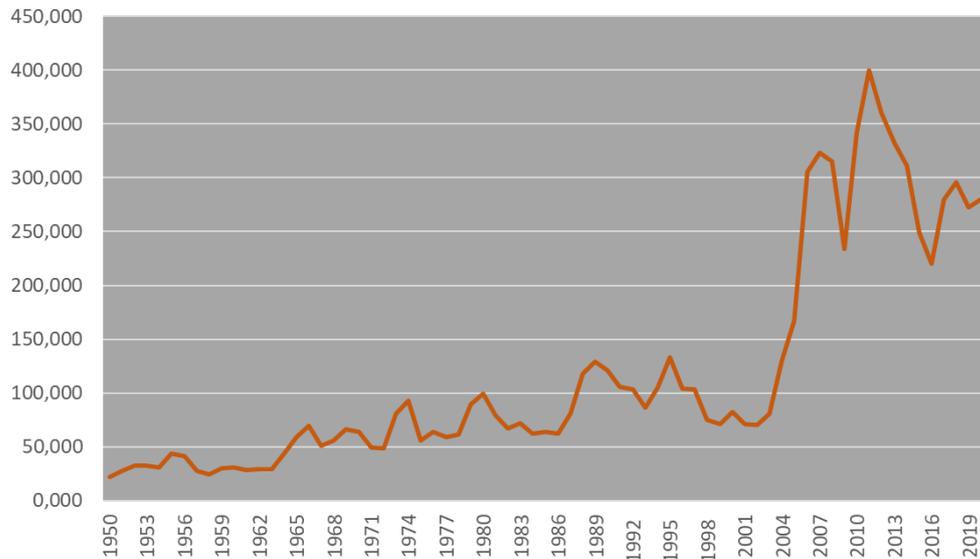


Los factores minero-metalúrgicos, junto con los factores económicos, son los más importantes para determinar la parte de los recursos que pasan a reservas, introduciendo condicionamientos asociados, por ejemplo, al diseño y método de explotación, dilución, procesos metalúrgicos y recuperación, y apoyándose en modelos geotécnicos y geometalúrgicos, entre otros.

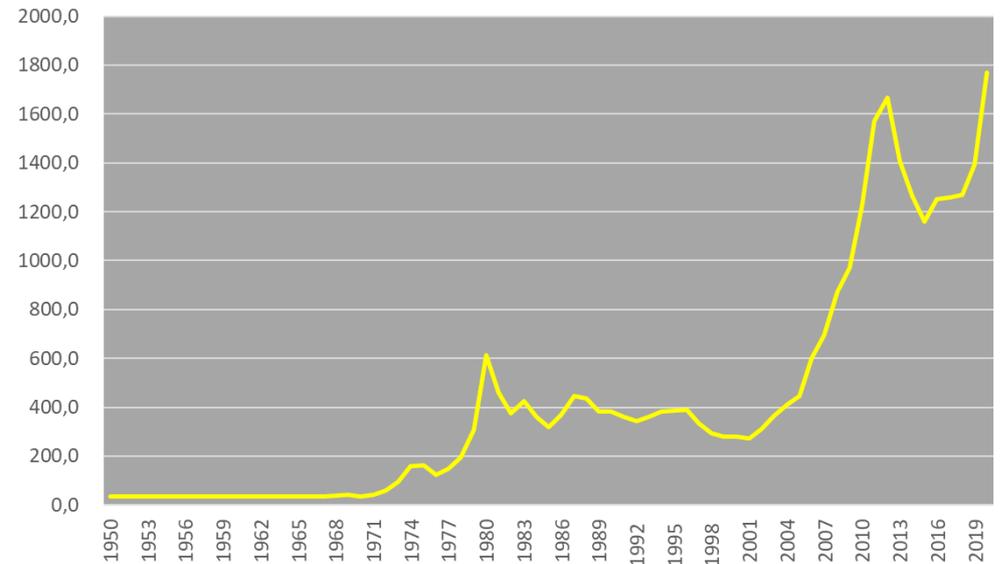
Factores Económicos

$$l_{CC} = \frac{C_{mina} + C_{planta}}{R \cdot (P_v - C_v)} \cdot 100$$

Precio del Cobre (cUS/lb)



Precio del Oro (US/oz)



Otros Factores Modificantes

- ❑ Los principales tienen relación directa con regulaciones ambientales, que buscan proteger la vida y salud de las personas, y los recursos del medio ambiente (medio físico y medio biótico).
- ❑ Restricciones crecientes a partir de la promulgación de la Ley 19.300/1994, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada con la Ley 20.417/2010

Otros Factores Modificantes

Áreas Protegidas

Ley 19.300/1994, modificada con Ley 20.417/2010

Art.10: Proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental:

Letra p): Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas, humedales urbanos o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, **en los casos en que la legislación respectiva lo permita.**

Art.11: Razones por el que los proyectos o actividades deben presentar un EIA:

Letra d): Localización **en o próxima** a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.

Otros Factores Modificantes

Áreas Protegidas	Categoría UICN (*)						
	Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
Parque Marino							
Reserva de Regiones Vírgenes							
Parque Nacional							
Monumento Natural							
Santuario de la Naturaleza							
Reserva Forestal							
Reserva Nacional							
Reserva Marina							
Áreas Marinas Costera de Múltiples Usos							

(*): Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

Otros Factores Modificantes

Proyecto de Ley de Protección de Glaciares (Boletín 11.876-12). Texto Propuesto por la Comisión de Minería y Energía.

Artículo 5.- Actividades prohibidas en glaciares. Se prohíbe desarrollar todo tipo de actividades en glaciares, salvo aquellas destinadas a la investigación científica, turismo o actividades deportivas sustentables, prevención de riesgos a la población, en la medida que ello sea estrictamente necesario de conformidad a antecedentes científicos, las propias de las Fuerzas Armadas y de Orden y Seguridad Pública, y las necesarias para la protección de su condición natural, balance de masa y funciones ecosistémicas, que se ejecuten en el ejercicio de funciones públicas.

Artículo 6.- Sistema de Protección del Ambiente Periglacial. Los proyectos o actividades que se ejecuten en el ambiente periglacial, deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Artículo 7.- Sistema de Protección del Permafrost. Los proyectos o actividades que se ejecuten en zonas de permafrost continuo o de permafrost discontinuo asociados a sistemas glaciares, deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

Otros Factores Modificantes

Calidad del Aire

Ley 19.300/1994, modificada con Ley 20.417/2010

Art.11: Razones por el que los proyectos o actividades deben presentar un EIA:

Letra b): **Efectos adversos significativos** sobre la cantidad y **calidad** de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y **aire**.

Los proyectos mineros deben calcular sus emisiones a la atmósfera (material particulado y gases), para demostrar que su aporte no significa la superación de normas en sectores sensibles

Otros Factores Modificantes

Inventario de Emisiones Atmosféricas

$$E_i = FE_i \cdot NA \cdot (1 - P_i)$$

Dónde:

E_i = Emisión de la sustancia i

FE_i = Factor de Emisión de la sustancia i.

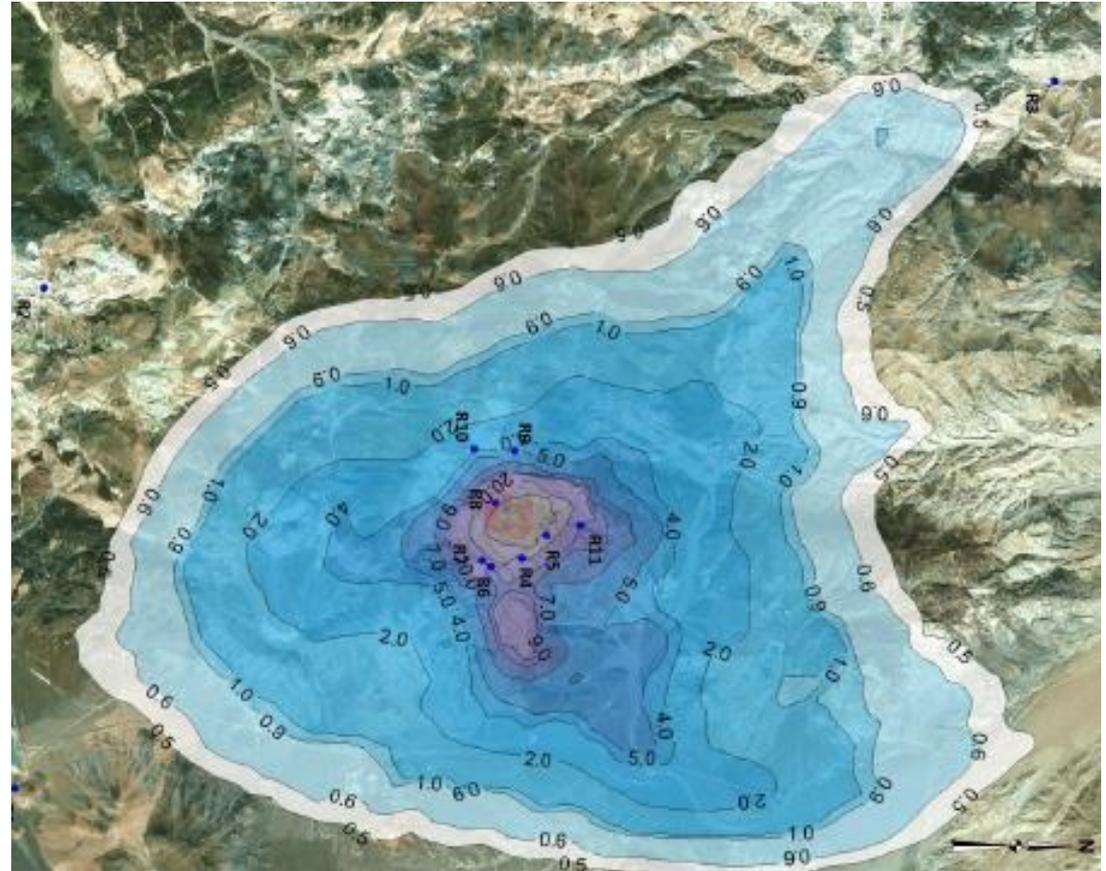
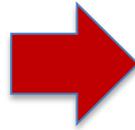
NA = Nivel de Actividad

$(1 - P_i)$ = Factor de corrección, P = eficiencia de control.

Actividad	Factor de Emisión	Parámetros
Tronaduras	$k \cdot (0,00022) \cdot (A)^{1,5}$ (Kg/tron)	k = factor tamaño de partículas A= Área Tronadura
Transporte Camiones	$k \cdot \left(\frac{s}{12}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{2,72}\right)^b$ gr/km	k = factor tamaño de partículas s = contenido de finos en camino W = peso promedio de camiones A,b = parámetros de tamaño
Transferencia Material	$0,0016 \cdot k \cdot \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$ Kg/ton	k = factor tamaño de partículas U = velocidad del viento M = humedad del material

Otros Factores Modificantes

Modelación de
Emisiones
Atmosféricas



Otros Modificantes Económicos

Uso de Recursos Hídricos

Art.11: Razones por el que los proyectos o actividades deben presentar un EIA:

Letra b): **Efectos adversos significativos** sobre la **cantidad** y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, **agua** y aire.

El agua es un recurso estratégico para desarrollar minería, aunque en términos globales el consumo es bajo comparado con otras actividades.

Uso principal del agua centrado en las operaciones de concentración de minerales.

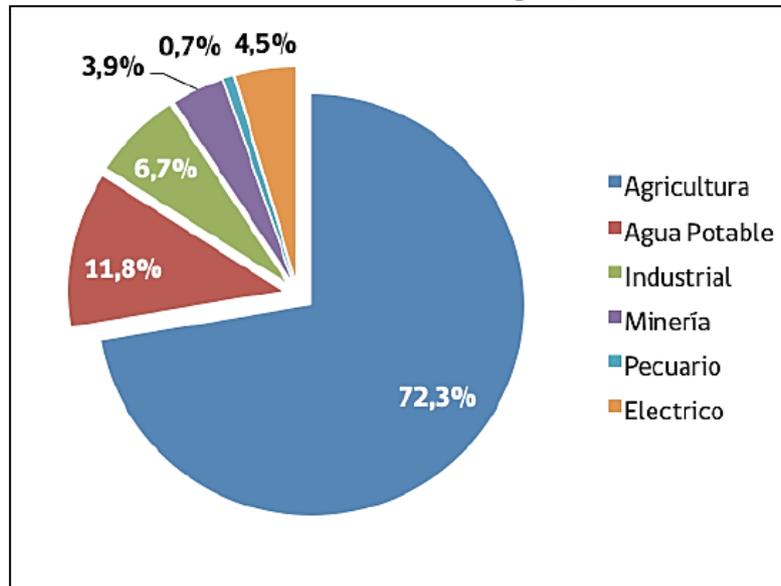
La relevancia del tema en la minería nacional se debe a que gran parte de la actividad se desarrolla en zonas con escasez de recursos hídricos

Otros Modificantes Económicos

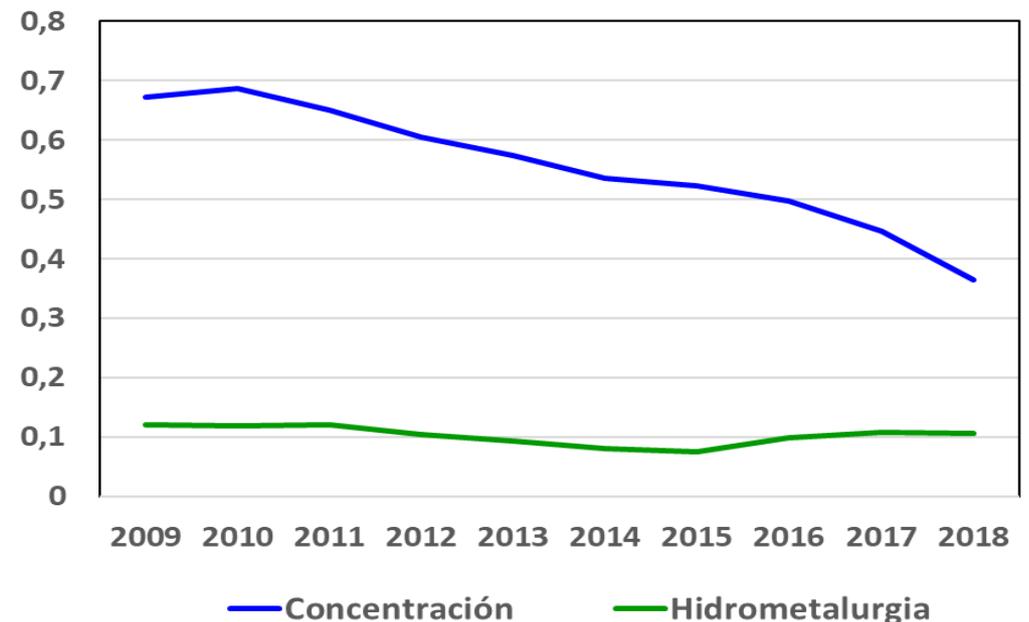
Uso de Recursos Hídricos

La minería ha alcanzado logros importantes para minimizar el consumo de las aguas continentales, aumentando la recirculación de las aguas de proceso, y reemplazando parcialmente este recurso por agua de mar, desalada o sin desalar

Consumo de Agua Consuntiva
Mesa Nacional del Agua, 2020



Consumo de Agua Continental por Tonelada de
Mineral Procesado (m³/ton) - Cochilco



Otros Factores Modificantes

Consumo de Reservas – Plan Minero

Cuando se trata de proyectos mineros simples (mina-planta), aplica bien el cálculo de la Vida Útil con la expresión indicada en la lámina inicial. En la práctica, normalmente se presentan casos más complejos:

- Proyecto constituido por varias minas y una planta, con minas entrando en operación en diferentes tiempos.
- Proyecto constituido por varias minas y más de una planta para tratar diferentes tipos de minerales, con minas entrando en operación en diferentes tiempos y con diferentes niveles de extracción y capacidad de procesamiento.

En estos u otros casos, el Plan Minero entrega una mejor y más completa información para definir la Vida Útil del Proyecto.

Otros Factores Modificantes

Consumo de Reservas – Plan Minero

Año	Total	Mina A								Mina B			
		Mineral a Chancado	Estéril a Botadero Sur-Este	Estéril a Botadero Sur-Oeste	Estéril a Botadero Norte	A Muro Depósito de Relaves Espesados	Oxidos a Stock	Marginal a Stock	Remanejo a Chancado	Mineral a Chancado	Estéril a Botadero Norte	Oxidos a Stock	Marginal a Stock
		kton	kton	kton	kton	kton	kton	kton	kton	kton	kton	kton	kton
A03*	55.188	7.052	0	43.682	0	1.107	2.319	3	1.024	0	0	0	0
1	116.200	23.725	12.969	73.053	0	1.107	5.322	23	0	0	0	0	0
2	116.200	23.725	0	89.996	0	1.107	1.224	147	0	0	0	0	0
3	116.200	23.790	0	90.610	0	570	1.067	163	0	0	0	0	0
4	103.000	23.725	0	77.429	0	570	1.070	205	0	0	0	0	0
5	96.500	23.725	8.121	63.227	0	570	102	754	0	0	0	0	0
6	96.500	21.900	2.570	69.743	0	570	1.160	557	0	0	0	0	0
7	96.500	21.960	0	69.282	0	570	4.176	511	0	0	0	0	0
8	96.500	21.900	37.921	10.848	20.000	570	4.237	1.023	0	0	0	0	0
9	96.500	21.900	0	0	52.060	688	367	471	0	0	21.014	0	0
10	96.500	21.900	0	0	59.367	688	0	197	0	0	14.002	346	0
11	96.500	21.380	0	0	46.030	688	0	142	0	580	24.654	3.024	1
12	96.500	17.213	0	0	26.815	688	0	134	0	4.687	46.353	538	72
13	90.500	5.191	0	0	5.350	0	0	0	0	16.773	61.403	1.590	194
14	92.005	2.553	0	0	2.447	0	0	0	1.505	17.842	66.437	1.220	0
15	83.215	6.170	0	0	5.975	0	0	0	3.156	10.465	55.648	1.800	0
16	42.267	11.785	0	0	9.015	0	0	0	0	7.972	13.482	12	0
17	28.212	9.828	0	0	6.172	0	0	0	0	8.926	3.286	0	0
18	17.229	2.821	0	0	3.242	0	0	0	0	8.120	3.045	0	0
Total	1.632.215	312.242	61.582	587.871	236.474	9.496	21.047	4.331	5.685	75.365	309.325	8.531	266

CONCLUSIONES

- ❑ Para el cálculo de la Vida Útil, los Factores Modificantes influye tanto en la Cantidad de Reservas como en la Extracción de Mineral. Como alternativa al “cálculo” de la Vida Útil, se considera que el Plan Minero es más representativo para su determinación.
- ❑ Con los factores de la ingeniería y económicos se determina la ley de corte que determina la extracción de las Reservas, con metodologías bien establecidas. En esta determinación la variación de costos y precio del producto influyen en la cantidad de reservas, tanto al alza como a la baja.
- ❑ Los factores “no ingenieriles” son menos controlables, y también pueden afectar significativamente la vida útil de un proyecto minero. A modo de ejemplo:
 - Restricción de explotación en un área determinada, disminuye la cantidad de reservas.
 - Restricción en la disponibilidad de agua y contaminación atmosférica, limitan el ritmo de explotación y procesamiento de minerales.
- ❑ En opinión del expositor, la Persona Competente debe pronunciarse tanto respecto de los factores modificantes “ingenieriles” como “no ingenieriles”. En el caso de estos últimos, al menos realizando un análisis de riesgos.

**Taller: Guía de Informe Técnico de Vida Útil de Faenas Mineras
bajo Cumplimiento del Código CH 20235 y Ley 20551**

Los Factores Modificantes en la Vida Útil de Proyectos Mineros

Iván Cerda Bernal

24 de Agosto, 2021

