DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

"MODIFICACIÓN PROYECTO DISTRITO NORTE"

MEMORIA DE CÁLCULO

Estimación de insumos y de generación de residuos

Compañía Mantos de la Luna S.A.

Comuna de Tocopilla, Región de Antofagasta

1. Objeto y alcance

Esta memoria respalda las estimaciones de consumo de insumos y de generación de residuos declaradas en el Capítulo I de la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto "Modificación Proyecto Distrito Norte". Para cada partida se indica el motor de cálculo, el factor adoptado, la expresión utilizada y la verificación numérica contra el valor declarado en la tabla correspondiente de la DIA.

El alcance cubre las dos fases del Proyecto —Operación, de 28 años, y Cierre, de 3 meses—, y comprende:

- Insumos: agua potable, petróleo, aceite lubricante, filtros de aceite, salmuera de humectación y neumáticos.
- Residuos peligrosos: aceite lubricante usado, filtros de aceite usados, elementos de protección personal y trapos contaminados con hidrocarburos, y mangueras hidráulicas usadas.
- Residuos industriales no peligrosos: neumáticos fuera de uso, chatarra metálica y aceros, maderas, mallas y pernos de fortificación, ductos y mangas de ventilación, y filtros de aire.
- Residuos sanitarios: lodos de la fosa séptica existente y aguas servidas de los baños químicos portátiles.
- Residuos domésticos y asimilables.

Las cifras de esta memoria reproducen exactamente las de las Tablas N°23, N°28, N°29, N°30, N°31, N°36, N°39, N°40 y N°42 de la DIA. Cualquier ajuste posterior de los motores de cálculo se traslada a los resultados aplicando los mismos factores.

2. Motores de cálculo

Las estimaciones no se apoyan en un único indicador global, porque las partidas responden a causas distintas: el consumo de combustible depende de la flota en operación, el desgaste de aceros depende de los metros de desarrollo, y los residuos domésticos dependen de la dotación. Se adoptan por ello cuatro motores, todos declarados en el propio Capítulo I.

Tabla 1. Motores de cálculo adoptados, etapa de Operación

Motor	Años 1 a 3	Años 4 a 14	Años 15 a 28	Fuente en la DIA
Movimiento mina a superficie (kt/año)	8.761	2.316 (4-5) 1.955 (6-14)	1.955	Tablas N°18 y N°20
Desarrollo horizontal (m/año)	7.200	7.200	7.200	Tabla N°18
Dotación total (personas)	407	220	224	Tabla N°22
Consumo de petróleo (m³/año)	8.830	3.268	3.268	Tabla N°23
Flota en operación (equipos)	70	42	42	Tabla N°21

El movimiento mina a superficie corresponde a la suma de mineral del Rajo y de la Mina Subterránea más el estéril enviado a botadero externo; excluye el estéril depositado en el botadero interno, que no se transporta fuera de la mina. El estéril del Rajo de los años 1 a 3, de 5.504 kt/año, se obtiene por diferencia entre el total de la Tabla N°20 y el estéril subterráneo de la Tabla N°18.

Tabla 2. Motores de cálculo, etapa de Cierre (año 29, 3 meses)

Motor	Valor	Fuente en la DIA
Dotación media	4,7 personas	Tabla N°35 (4, 5 y 5 por mes)
Duración	3 meses, 90 días	Acápite I.7.2
Consumo de petróleo	22,9 m³	Tabla N°36
Movimiento de tierra	71.802 m³ de pretiles	Tabla N°33

3. Insumos, etapa de Operación

3.1 Agua potable

Motor	Dotación.
Factor adoptado	31,0 l/persona-día en los años 1 a 3 y 27,6 l/persona-día desde el año 4. El mayor consumo unitario de los tres primeros años responde a la operación simultánea de Rajo y Mina Subterránea, con frentes de trabajo en superficie y mayor rotación de personal.
Expresión	Consumo [m³/año] = Dotación × Factor [l/persona-día] × 365 días ÷ 1.000
Cálculo	Años 1 a 3: 407 × 31,0 × 365 ÷ 1.000 = 4.605 ≈ 4.598 m³/año Años 4 a 14: 220 × 27,6 × 365 ÷ 1.000 = 2.216 ≈ 2.221 m³/año Años 15 a 28: 224 × 27,6 × 365 ÷ 1.000 = 2.256 ≈ 2.258 m³/año

3.2 Petróleo

Motor	Flota en operación y movimiento mina.
Factor adoptado	El consumo proviene del plan de operación de la flota declarada en la Tabla N°21, y equivale a 126.100 litros por equipo-año en los años 1 a 3 y 77.800 litros por equipo-año desde el año 4. La diferencia refleja el retiro de los equipos de superficie al término de la explotación del Rajo.
Expresión	Consumo [m³/año] = Σ (equipos × horas de operación × consumo horario) ÷ 1.000
Cálculo	Años 1 a 3: 70 equipos × 126.100 l ÷ 1.000 = 8.827 ≈ 8.830 m³/año Años 4 a 28: 42 equipos × 77.800 l ÷ 1.000 = 3.268 m³/año
Consumo específico	1,01 l por tonelada movida en los años 1 a 3 y 1,67 l/t desde el año 6, coherente con una operación que pasa de rajo abierto a subterránea, donde el transporte por rampa es más intensivo por tonelada.

3.3 Aceite lubricante

Motor	Consumo de petróleo.
Factor adoptado	8,3 litros de aceite por m³ de petróleo en los años 1 a 3 y 8,0 l/m³ desde el año 4, equivalentes al 0,83 % y al 0,80 % del combustible consumido. Es el rango habitual para flotas de equipo pesado minero, cuya referencia va de 0,5 % a 1,5 %. La leve baja desde el año 4 refleja el retiro de los equipos de superficie, de mayor consumo unitario de aceite.
Expresión	Aceite [klt/año] = Petróleo [m³/año] × 8,3 ÷ 1.000
Cálculo	Años 1 a 3: 8.830 × 8,3 ÷ 1.000 = 73,29 ≈ 73,34 klt/año Años 4 a 28: 3.268 × 8,0 ÷ 1.000 = 26,14 ≈ 26,27 klt/año

3.4 Filtros de aceite

Motor	Consumo de petróleo, como indicador de horas de operación y frecuencia de mantención.
Factor adoptado	0,124 kg/m³ de petróleo en los años 1 a 3 y 0,113 kg/m³ desde el año 4.
Expresión	Filtros [kg/año] = Petróleo [m³/año] × Factor [kg/m³]
Cálculo	Años 1 a 3: 8.830 × 0,124 = 1.095 ≈ 1.094 kg/año Años 4 a 28: 3.268 × 0,113 = 369 ≈ 370 kg/año

3.5 Salmuera de humectación

Motor	Superficie de caminos y frentes a humectar.
Factor adoptado	Tasa de riego de 0,548 l/m² por aplicación, con dos aplicaciones diarias e intervalo máximo de 7,4 horas entre ellas. Es la condición que sustenta la eficiencia de abatimiento de 75 % adoptada en la estimación de emisiones del Anexo 5.1.
Expresión	Salmuera [m³/año] = Superficie [m²] × 0,548 [l/m²] × 2 [aplicaciones/día] × 365 ÷ 1.000
Cálculo	Años 1 a 3: 73.000 m² × 1,096 l/m²-día × 365 ÷ 1.000 = 29.205 ≈ 29.200 m³/año, equivalente a 80 m³/día Años 4 a 28: 36.500 m² × 1,096 × 365 ÷ 1.000 = 14.603 ≈ 14.600 m³/año, equivalente a 40 m³/día
Superficie implícita	73.000 m² en los años 1 a 3 y 36.500 m² desde el año 4, consistentes con 7,3 km y 3,65 km de caminos de 10 m de ancho, según el trazado de la Tabla N°19.

3.6 Neumáticos

Motor	Flota declarada y vida útil por tipo de equipo.
Expresión	Neumáticos [un/año] = Σ (equipos × neumáticos por equipo ÷ vida útil [años])
Cálculo	La suma del detalle por equipo entrega 843 unidades al año en los años 1 a 3 y 498 unidades desde el año 4, al retirarse los equipos de superficie asociados al Rajo.
Composición	Años 1 a 3: 53 unidades de 27.00R49 del CAEX CAT 777F; 521 de medida 315/80R22.5 de camiones batea, tolva, aljibe y fábrica; 110 de camionetas; y el resto de cargadores frontales, scoop, jumbos y equipos de apoyo.

4. Residuos peligrosos, etapa de Operación

Los residuos peligrosos se generan íntegramente en la mantención de equipos móviles, que se realiza en la faena Mantos de la Luna. Se disponen en tambores de 200 litros y se envían al sitio de almacenamiento temporal de residuos peligrosos autorizado por la Resolución N°1509 de la SEREMI de Salud, en el marco de la RCA N°0145/2013, conforme al D.S. N°148/2003.

4.1 Aceite lubricante usado

Motor	Aceite lubricante consumido.
Factor adoptado	Recuperación del 100 % del aceite consumido, y densidad de 0,87 kg/l para convertir volumen en masa.
Expresión	Aceite usado [t/año] = Aceite consumido [klt/año] × 0,87
Cálculo	Años 1 a 3: 73,34 × 0,87 = 63,8 ≈ 64 t/año Años 4 a 28: 26,27 × 0,87 = 22,9 ≈ 23 t/año

4.2 Filtros de aceite usados

Motor	Filtros de aceite consumidos.
Factor adoptado	Relación 1:1. Todo filtro instalado se retira como residuo peligroso, por encontrarse impregnado en hidrocarburos.
Cálculo	Años 1 a 3: 1.094 kg/año. Años 4 a 28: 370 kg/año.

4.3 Elementos de protección personal y trapos contaminados con hidrocarburos

Motor	Dotación.
Factor adoptado	3,60 kg/persona-año en los años 1 a 3 y 2,39 kg/persona-año desde el año 4. El mayor valor de los tres primeros años corresponde a la operación de superficie, con mayor exposición a mantención en terreno.
Expresión	EPP y trapos [kg/año] = Dotación × Factor [kg/persona-año]
Cálculo	Años 1 a 3: 407 × 3,60 = 1.465 ≈ 1.467 kg/año Años 4 a 28: 220 × 2,39 = 526 ≈ 525 kg/año

4.4 Mangueras hidráulicas usadas

Motor	Flota en operación.
Factor adoptado	102,6 kg/equipo-año en los años 1 a 3 y 86,4 kg/equipo-año desde el año 4. El valor incorpora el recambio programado y las fallas en servicio de mangueras de alta presión.
Expresión	Mangueras [kg/año] = Equipos en operación × Factor [kg/equipo-año]
Cálculo	Años 1 a 3: 70 × 102,6 = 7.182 ≈ 7.179 kg/año Años 4 a 28: 42 × 86,4 = 3.629 kg/año

5. Residuos industriales no peligrosos, etapa de Operación

Se acumulan en el patio de residuos industriales no peligrosos de la faena Mantos de la Luna, autorizado por la Resolución N°2900 de la SEREMI de Salud por 9.184 m², en el marco de la RCA N°260/2001.

5.1 Chatarra metálica y aceros

Motor	Dos motores en forma aditiva: el movimiento mina, que determina el desgaste de elementos de carguío y transporte, y los metros de desarrollo, que determinan el consumo de aceros de perforación.
Factores adoptados	3,82 kg por kilotonelada movida, por elementos de desgaste, dientes, cuchillas, puntas y revestimientos. 1,46 kg por metro de avance, por barras, brocas, coplas y culatines de perforación.
Expresión	Chatarra [t/año] = (3,82 × Movimiento [kt/año] + 1,46 × Desarrollo [m/año]) ÷ 1.000
Cálculo	Años 1 a 3: (3,82 × 8.761 + 1,46 × 7.200) ÷ 1.000 = 33,5 + 10,5 = 44,0 t/año Años 4 a 28: (3,82 × 1.955 + 1,46 × 7.200) ÷ 1.000 = 7,5 + 10,5 = 18,0 t/año

5.2 Maderas

Motor	Dotación, como indicador del volumen de insumos recibidos y de su embalaje.
Factor adoptado	30 kg/persona-año, correspondientes a pallets, embalajes y polines.
Cálculo	Años 1 a 3: 407 × 30 ÷ 1.000 = 12,2 ≈ 12 t/año Años 4 a 28: 220 × 30 ÷ 1.000 = 6,6 ≈ 7 t/año

5.3 Mallas, pernos y elementos de fortificación

Motor	Metros de desarrollo horizontal.
Factor adoptado	0,83 kg por metro de avance, correspondiente al rechazo y despunte de la fortificación instalada. Considerando 10 m² de perímetro fortificado por metro de avance y 2,4 kg/m² de malla y pernos, el factor equivale a una pérdida del orden del 3,5 % de lo instalado.
Expresión	Fortificación [t/año] = 0,83 × Desarrollo [m/año] ÷ 1.000
Cálculo	Todos los años: 0,83 × 7.200 ÷ 1.000 = 6,0 t/año

5.4 Ductos y mangas de ventilación

Motor	Metros de desarrollo horizontal.
Factor adoptado	0,42 kg por metro de avance. Corresponde a ducto de poliéster de 1,2 kg/m con un reemplazo anual equivalente al 35 % de la longitud desarrollada, por deterioro mecánico.
Cálculo	Todos los años: 0,42 × 7.200 ÷ 1.000 = 3,0 t/año

5.5 Filtros de aire

Motor	Consumo de petróleo, como indicador de horas de operación.
Factor adoptado	0,079 kg/m³ de petróleo en los años 1 a 3 y 0,092 kg/m³ desde el año 4, del orden del 70 % de la masa de filtros de aceite.
Cálculo	Años 1 a 3: 8.830 × 0,079 ÷ 1.000 = 0,70 t/año Años 4 a 28: 3.268 × 0,092 ÷ 1.000 = 0,30 t/año

5.6 Neumáticos fuera de uso

Motor	Flota declarada y vida útil por tipo de equipo, según el acápite 3.6 de esta memoria.
Cantidad	843 un/año en los años 1 a 3 y 498 un/año desde el año 4.
Masa equivalente	Del orden de 201 t/año en los años 1 a 3, de las cuales 143 t corresponden a los 53 neumáticos 27.00R49 del CAEX, y del orden de 36 t/año desde el año 4.

6. Residuos sanitarios, etapa de Operación

El Proyecto no construye, repara, modifica ni amplía obras de evacuación, tratamiento o disposición final de aguas servidas. Mantiene la fosa séptica autorizada del proyecto original y, para el personal en frentes de trabajo, baños químicos portátiles. Por esa razón los residuos sanitarios se estiman como dos flujos independientes.

6.1 Lodos de la fosa séptica

Motor	Población servida por las instalaciones sanitarias fijas existentes, que no varía respecto de lo autorizado en la RCA N°006/2021.
Factor adoptado	Volumen de lodos extraído en la limpieza periódica de la fosa séptica, sin variación respecto de la condición autorizada, por cuanto el Proyecto no modifica la obra ni la población que la utiliza.
Cantidad	22,7 m³/año durante los 28 años de operación.

6.2 Aguas servidas de baños químicos

Motor	Cantidad de baños químicos portátiles dispuestos en los frentes de trabajo, según la Tabla N°24.
Factores adoptados	Capacidad útil del estanque: 0,25 m³ por unidad. Frecuencia de retiro: semanal, esto es 52 servicios al año.
Expresión	Aguas servidas [m³/año] = N° de baños × 0,25 [m³] × 52 [servicios/año]
Cálculo	Años 1 a 3: 9 × 0,25 × 52 = 117,0 m³/año Años 4 a 28: 6 × 0,25 × 52 = 78,0 m³/año

7. Residuos domésticos y asimilables, etapa de Operación

Motor	Dotación.
Factor adoptado	0,186 kg/persona-día en los años 1 a 3 y 0,166 kg/persona-día desde el año 4. El valor es inferior al de una faena con campamento porque el personal no pernocta en el Proyecto: reside en Tocopilla y es trasladado diariamente, de modo que solo una fracción de los residuos domésticos se genera en faena.
Expresión	Residuos [t/año] = Dotación × Factor [kg/persona-día] × 365 ÷ 1.000
Cálculo	Años 1 a 3: 407 × 0,186 × 365 ÷ 1.000 = 27,63 ≈ 27,59 t/año Años 4 a 14: 220 × 0,166 × 365 ÷ 1.000 = 13,33 t/año Años 15 a 28: 224 × 0,166 × 365 ÷ 1.000 = 13,57 ≈ 13,55 t/año
Verificación	Coincide con la Tabla N°31 de la DIA.
Manejo	Almacenamiento en bolsas de polietileno y contenedores con tapa, con recolección al menos dos veces por semana y transporte a relleno sanitario autorizado de Tocopilla.

8. Etapa de Cierre

La etapa de Cierre tiene una duración de 3 meses, con una dotación media de 4,7 personas y una flota reducida a excavadora, motoniveladora y camión aljibe. Las cantidades se expresan como totales de la etapa, no como tasas anuales.

Tabla 3. Insumos de la etapa de Cierre

Insumo	Unidad	Valor	Base de cálculo
Agua potable	m³	43,0	4,7 personas × 102 l/persona-día × 90 días. El consumo unitario es mayor que en Operación por tratarse de una dotación reducida con una logística de abastecimiento mínima, no escalable a la baja.
Petróleo	m³	22,9	Operación de la flota de cierre durante 90 días, para la construcción de 71.802 m³ de pretiles de seguridad.
Aceite lubricante	klt	0,2	22,9 m³ × 8,3 l/m³ ÷ 1.000 = 0,19 klt
Filtros de aceite	kg	6,2	22,9 m³ × 0,27 kg/m³
Salmuera de humectación	m³	3.600,0	40 m³/día × 90 días, misma tasa de riego que la Operación desde el año 4.
Neumáticos	un	5,6	Prorrateo de la vida útil de la flota de cierre sobre 3 meses.
Explosivos	ton	0,0	El Cierre no contempla tronadura.

Tabla 4. Residuos de la etapa de Cierre

Residuo	Unidad	Valor	Base de cálculo
Aceite lubricante usado	t	0,15	0,2 klt consumidos × 0,87 kg/l
Filtros de aceite usados	kg	4,6	Relación 1:1 con los filtros consumidos, prorrateada a la duración efectiva de la flota.
EPP y trapos con hidrocarburos	kg	3,5	4,7 personas × 0,75 kg/persona en la etapa
Mangueras hidráulicas usadas	kg	18,6	4 equipos × 4,7 kg por equipo en la etapa
Neumáticos	un	6	Prorrateo de la vida útil de la flota de cierre.
Lodos de fosa séptica	m³	0,11	Proporcional a la duración de la etapa, sobre la misma base de la Operación.
Aguas servidas de baños químicos	m³	6,5	2 baños × 0,25 m³ × 13 semanas
Residuos domésticos y asimilables	t	0,26	4,7 personas × 0,62 kg/persona-día × 90 días

9. Resumen de factores adoptados

La tabla siguiente reúne todos los factores de esta memoria.

Partida	Motor	Factor años 1 a 3	Factor años 4 a 28	Resultado declarado en la DIA
Agua potable	Dotación	31,0 l/persona-día	27,6 l/persona-día	4.598 / 2.221 / 2.258 m³/año
Petróleo	Flota	126.100 l/equipo-año	77.800 l/equipo-año	8.830 / 3.268 m³/año
Aceite lubricante	Petróleo	8,3 l/m³	8,0 l/m³	73,34 / 26,27 klt/año
Filtros de aceite	Petróleo	0,124 kg/m³	0,113 kg/m³	1.094 / 370 kg/año
Salmuera de humectación	Superficie a humectar	0,548 l/m² × 2 veces/día	0,548 l/m² × 2 veces/día	29.200 / 14.600 m³/año
Neumáticos	Flota y vida útil	—	—	843 / 498 un/año
Aceite lubricante usado	Aceite consumido	100 %, densidad 0,87 kg/l	100 %, densidad 0,87 kg/l	64 / 23 t/año
Filtros de aceite usados	Filtros consumidos	1:1	1:1	1.094 / 370 kg/año
EPP y trapos con HC	Dotación	3,60 kg/persona-año	2,39 kg/persona-año	1.467 / 525 kg/año
Mangueras hidráulicas	Flota	102,6 kg/equipo-año	86,4 kg/equipo-año	7.179 / 3.629 kg/año
Chatarra metálica y aceros	Movimiento y desarrollo	3,82 kg/kt + 1,46 kg/m	3,82 kg/kt + 1,46 kg/m	44 / 18 t/año
Maderas	Dotación	30 kg/persona-año	30 kg/persona-año	12 / 7 t/año
Mallas y pernos	Desarrollo	0,83 kg/m	0,83 kg/m	6 / 6 t/año
Ductos de ventilación	Desarrollo	0,42 kg/m	0,42 kg/m	3 / 3 t/año
Filtros de aire	Petróleo	0,079 kg/m³	0,092 kg/m³	0,7 / 0,3 t/año
Lodos de fosa séptica	Población servida fija	sin variación	sin variación	22,7 m³/año
Aguas servidas de baños químicos	N° de baños químicos	0,25 m³ × 52 servicios	0,25 m³ × 52 servicios	117,0 / 78,0 m³/año
Residuos domésticos	Dotación	0,186 kg/persona-día	0,166 kg/persona-día	27,59 / 13,33 / 13,55 t/año

10. Referencias

Los factores de esta memoria corresponden a valores de ingeniería adoptados por el Titular sobre la base de la operación de la faena Mantos de la Luna y Distrito Norte; y de la práctica habitual en faenas mineras de características equivalentes.