

**INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.
PROYECTO OPTIMIZACIÓN
PLANTA CAL COPIAPÓ
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**APÉNDICE E – ANÁLISIS DE LOS EFECTOS SOBRE
LA CALIDAD DEL AIRE
(Ref. No. SA206-00002/16)**

Preparado para:

Industria Nacional de Cemento
División INACESA
Camino Internacional Km. 16
Copiapó, Chile

Knight Piésold S.A.

*Marchant Pereira 221, Piso 7
Providencia, Santiago, Chile
Teléfono:(56-2) 341 7627
Fax: (56-2) 341 7628
E-mail: santiago@kpsa.cl*

Knight Piésold
CONSULTING

**INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.
PROYECTO OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ**

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

**APÉNDICE E – ANÁLISIS DE LOS EFECTOS SOBRE
LA CALIDAD DEL AIRE
(Ref. No. SA206-00002/16)**

CONTENIDO

SECCIÓN 1.0 - INTRODUCCIÓN	1
SECCIÓN 2.0 – CALIDAD DEL AIRE	2
2.1 MATERIAL PARTICULADO, MP10	2
2.2 DIOXIDO DE AZUFRE, SO ₂	3
2.3 OXIDOS DE NITROGENO	3
SECCIÓN 3.0 – INVENTARIO DE EMISIONES	4
3.1 GENERALIDADES	4
3.1.1 Emisiones de MP10	4
3.1.2 Emisiones de Anhídrido Sulfuroso, SO ₂	4
3.1.3 Emisiones de NO _x	5
3.1.4 Emisiones de CO ₂	8
3.1.5 Emisiones de CO	9
3.2 ESCENARIO DE ANÁLISIS	9
3.3 FUENTES DE EMISIÓN	10
3.4 FACTORES DE EMISIÓN	11
3.4.1 Factores de Emisión de MP10	11
3.4.2 Factores de Emisión de SO ₂	11
3.5 RESULTADOS Y ANÁLISIS	11
3.5.1 Validación del Modelo	11
3.5.2 Emisiones de MP10	13
3.5.3 Emisiones de SO ₂	14
3.5.4 Emisiones de Vanadio y Níquel	16
SECCIÓN 4.0 – EFECTOS SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE	19

4.1	MODELO DE DISPERSIÓN	19
4.2	ESCENARIO DE MODELACIÓN	20
4.2.1	Dominio del Modelo	20
4.2.2	Periodos de Modelación	20
4.2.3	Receptores	20
4.2.4	Meteorología	20
4.2.5	Fuentes de Emisión	21
4.2.6	Topografía	23
4.3	RESULTADOS	23
4.3.1	MP10	24
4.3.2	SO ₂	25

FIGURAS

Figura 4.1	Aporte de PM10 de la Actual Operación como Valor Promedio – Caso Corto Plazo
Figura 4.2	Aporte de PM10 de la Actual Operación como P98 de las Concentraciones de 24 horas – Caso Corto Plazo
Figura 4.3	Aporte de PM10 Proyectado como Valor Promedio – Caso Corto Plazo.
Figura 4.4	Aporte de PM10 Proyectado como P98 de las Concentraciones de 24 horas – Caso Corto Plazo
Figura 4.5	Aporte de PM10 de la Actual Operación como Valor Promedio – Caso Largo Plazo
Figura 4.6	Aporte de PM10 de la Actual Operación como P98 de las Concentraciones de 24 horas – Caso Largo Plazo
Figura 4.7	Aporte de PM10 Proyectado como Media Anual – Caso Largo Plazo.
Figura 4.8	Aporte de PM10 Proyectado como P98 de las Concentraciones de 24 horas – Caso Largo Plazo

**INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.
PROYECTO OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ**

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

**APÉNDICE E – ANÁLISIS DE LOS EFECTOS SOBRE
LA CALIDAD DEL AIRE**

SECCIÓN 1.0 - INTRODUCCIÓN

El presente documento analiza los efectos sobre la calidad del aire asociados a la implementación del Proyecto “Optimización Planta de Cal Copiapó”, descrito en la Sección 2.0 del cuerpo principal de EIA.

Para facilitar su entendimiento ha sido estructurado en cinco secciones: la Sección 1.0 Introducción, la Sección 2.0 entrega un resumen de la Línea Base de Calidad del Aire presentada en el EIA, la Sección 3.0 que expone los resultados del inventario de emisiones a la atmósfera, la Sección 4.0 que evalúa los efectos sobre la calidad del aire, y la sección 5.0 que presenta resultados y las conclusiones del análisis de los efectos sobre la calidad del aire.

Este apéndice se apoya en los resultados de la Meteorología del sector de la Planta INACESA Copiapó y en la Estimación de las Emisiones Fugitivas por Acción Erosiva del Viento, respectivamente, en lo que respecta a los datos de entrada para la modelación de la dispersión de contaminantes en la atmósfera y la estimación de emisiones fugitivas producto de la acción erosiva del viento.

Planta INACESA Copiapó efectuó un monitoreo continuo de calidad del aire durante el mes de septiembre de 2006. En ella se monitorearon los parámetros MP10, SO₂ y NO_x/NO/NO₂, con lo cual se pretende retratar el caso base del Proyecto y las concentraciones naturales de estos parámetros en la atmósfera del lugar.

SECCIÓN 2.0 – CALIDAD DEL AIRE

En esta sección se presenta un resumen de la línea base de calidad del aire, con el objeto de caracterizar la situación base de la Planta de Cal INACESA Copiapó. Este resumen se hace en términos de Material Particulado Respirable (MP10), Anhídrido Sulfuroso (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO, NO_x y NO₂) para las estaciones de la red de calidad del aire de Paipote y la estación INACESA Copiapó.

Estas estaciones se presentan en el Cuadro 2.0-1, donde además se indica su ubicación geográfica en coordenadas UTM.

Cuadro 2.0-1
Ubicación Estaciones Calidad del Aire

Estación	Periodo	NORTE – UTM, m	ESTE – UTM, m
Copiapó	2003 – 2005	368.740	6.972.981
Los Volcanes	2003 – 2005	371.047	6.971.867
San Fernando	2003 – 2005	371.592	6.969.334
Paipote	2003 – 2005	374.539	6.967.442
Tierra Amarilla	2003 – 2005	375.128	6.960.567
INACESA Copiapó	Ago - Sep 2006	379.861	6.973.857

2.1 MATERIAL PARTICULADO, MP10

En el Cuadro 2.1-1 se muestra un resumen de las concentraciones de MP10 para las estaciones de Fundición Paipote e INACESA Copiapó.

Cuadro 2.1-1
Resumen Concentraciones MP10, en µg/m³N

Estaciones	Promedio Triannual	Valor Máximo	Percentil 98			Nº de Excedencias		
			2003	2004	2005	2003	2004	2005
Copiapó ⁽¹⁾	39,7	114,5	88,7	114,5	111,3	0	1	1
San Fernando ⁽¹⁾	47,6	121,5	98,4	114,1	121,5	0	0	1
Paipote ⁽¹⁾	66,9	188,9	171,6	172,9	188,9	5	3	7
Tierra Amarilla ⁽¹⁾	53,0	106,2	88,0	106,2	88,6	0	1	1
INACESA Copiapó ⁽²⁾	94	176	-	-	-	-	-	-

⁽¹⁾ 3 años, periodo 2003-2005

⁽²⁾ periodo agosto – septiembre 2006

2.2 DIOXIDO DE AZUFRE, SO₂

En el Cuadro 2.2-1 se muestra un resumen de las concentraciones de SO₂ para las estaciones antes mencionadas.

Cuadro 2.2-1
Resumen Concentraciones SO₂, en µg/m³N

Estaciones	Promedio Trianual	Valor Máximo	Percentil 99			N° de Excedencias		
			2003	2004	2005	2003	2004	2005
Copiapó ⁽¹⁾	2	25	25	12	17	0	0	0
Los Volcanes ⁽¹⁾	7	54	54	28	51	0	0	0
San Fernando ⁽¹⁾	7	74	74	41	44	0	0	0
Paipote ⁽¹⁾	28	206	206	188	184	2	2	1
Tierra Amarilla ⁽¹⁾	15	93	93	54	65	0	0	0
Pabellón ⁽¹⁾	2	17	17	12	10	0	0	0
INACESA Copiapó ⁽²⁾	0,7	2,1	-	-	-	-	-	-

⁽¹⁾ 3 años, periodo 2003-2005

⁽²⁾ periodo agosto – septiembre 2006

2.3 OXIDOS DE NITROGENO

En el Cuadro 2.3-1 se resume el monitoreo de calidad de aire para NO, NO₂ y NO_x, realizado en la estación INACESA Copiapó.

Cuadro 2.3-1
Resumen Monitoreo Calidad del Aire NO, NO₂ y NO_x,
Estación INACESA Copiapó, en µg/m³N

Estación	NO		NO ₂		NO _x	
	Prom. Máx.	Valor Máx.	Prom. Máx.	Valor Máx.	Prom. Máx.	Valor Máx.
INACESA Copiapó ⁽¹⁾	13,5	105,8	1,9	5,8	15,4	111,6

⁽¹⁾ periodo agosto – septiembre 2006

SECCIÓN 3.0 – INVENTARIO DE EMISIONES

En esta sección se desarrolla el inventario de emisiones de la Planta INACESA Copiapó y su horno rotatorio para la producción de cal. Se incluye el inventario de emisiones para la actual operación y para los escenarios que se proyectan para la operación futura de INACESA Copiapó.

3.1 GENERALIDADES

Los procesos de elaboración de cal de INACESA son estándar, ampliamente utilizados a nivel de la industria nacional e internacional.

Las emisiones a la atmósfera de estos hornos responden al proceso en particular, y se generan independientemente del combustible que se esté utilizando. Por lo mismo también son características de éstos e incluyen material particulado (MP10), óxidos de nitrógeno (NO_x), anhídrido sulfuroso (SO₂), monóxido de carbono (CO), y anhídrido carbónico (CO₂).

3.1.1 Emisiones de MP10

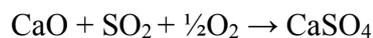
Las emisiones de MP10 se generan principalmente por el arrastre que ocasiona el paso de los gases calientes a través del horno de cal, particularmente sobre el material con que es alimentado. Por ello, el MP que se emite a la atmósfera por la chimenea presenta una composición similar al material que ingresa al horno (caliza y mineral de hierro).

3.1.2 Emisiones de Anhídrido Sulfuroso, SO₂

El SO₂ se genera a partir de la oxidación del azufre del combustible y de la caliza (<0,12%). Sin embargo, la naturaleza alcalina de los hornos para la fabricación de cal, proveen las condiciones para la adsorción o fijación del SO₂ en el producto, reduciendo con ello el contenido de SO₂ del gas que se emite.

La presencia de la caliza (CaCO₃) y cal (CaO) reducen el SO₂ generado en los hornos para formar yeso (CaSO₄) como subproducto, el yeso resultante sale con la matriz de productos.

Las ecuaciones de las reacciones de reducción del SO₂ con caliza y cal son las siguientes:



Numerosos estudios han sido desarrollados a nivel internacional, para comprender adecuadamente la cinética de las reacciones anteriormente expuestas. Conforme a tales

estudios puede asumirse que la calcinación de la caliza ocurre de manera instantánea. Mientras que la cinética de la reacción de reducción del SO₂ es determinada por la reactividad del absorbente (caliza y cal). Adicionalmente, la cinética de reacción de reducción del SO₂ depende de la concentración de SO₂ alrededor de la partícula y del tiempo de residencia del absorbente.

El mecanismo de la reacción de reducción de SO₂ implica una reacción en fase sólida-gas, por lo mismo, el tamaño de la partícula absorbente (caliza o cal) toma importancia en la cinética de la reacción; ambas reacciones de reducción del SO₂ están fuertemente influenciadas por el tamaño de las partículas de caliza y cal; las partículas absorbentes de menor tamaño presentan una mayor reactividad. Con el incremento del tamaño de la partícula absorbente la principal resistencia a la reacción cambia de difusión de poros y reacción superficial a difusión a través de la capa superficial de CaSO₄ que se forma sobre la superficie de la partícula absorbente.

Esta condición, que caracteriza a los hornos de fabricación de cal, le otorga a éstos condiciones inmejorables, inclusive mejores a las que poseen los sistemas de abatimientos tradicionales, para la reducción o abatimiento del SO₂.

3.1.3 Emisiones de NO_x

Respecto de las emisiones de NO_x, es importante señalar que su formación y posterior emisión no dependen del tipo de combustible que se esté utilizando, si no más bien de la temperatura de operación de los hornos.

Para entender tal aseveración, a continuación se exponen los aspectos teóricos y prácticos que permiten comprender la formación de los NO_x.

Sobre el particular, es importante expresar lo siguiente sobre el NO_x:

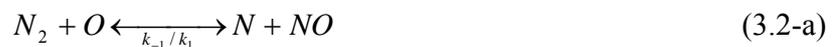
- Las emisiones de NO_x consisten principalmente de monóxido de nitrógeno u óxido nítrico (NO). Menos significativo es el dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxido nitroso (N₂O). En grandes ciudades promueve el smog fotoquímico, en ambientes húmedos contribuye a la lluvia ácida y causa el decaimiento de la capa de ozono.
- En los procesos de combustión tres son los mecanismos que explican la generación de NO_x:
 - NO_x térmico (85% del total); son los más significativos y se refiere a la reacción del N₂ con el oxígeno en exceso de los gases a altas temperaturas. Prevalece a altas temperaturas.

- NOx cinético; se refiere a las reacciones del N₂ con radicales libres procedentes de los hidrocarburos. Prevalece a bajas temperaturas.
- NOx intrínseco; procedente de la combustión de compuestos nitrogenados presentes en el combustible.

Las reacciones globales de formación más relevantes que explica la formación del NOx térmico son las siguientes:



En la práctica, estudios sobre la materia han determinado que las concentraciones de NOx no coinciden con los valores de equilibrio que se predicen mediante esquemas termodinámicos a partir de las ecuaciones de las reacciones globales. Tal observación indica que la termodinámica no es suficiente para explicar la formación del NOx sino que debe emplearse además la cinética. En tal sentido, y para comprender de mejor manera la formación de NOx térmico, Zeldovich (1975) propuso un mecanismo de reacción de formación del NO térmico, que corresponde al constituyente principal del NOx. Las principales ecuaciones que considera el mecanismo de Zeldovich son las siguientes:



La tercera ecuación del mecanismo de Zeldovich contribuye en condiciones de combustión próximas a la de proporción estequiométrica; en exceso de oxígeno, como suele suceder en la mayoría de los casos prácticos, esta reacción del mecanismo se puede ignorar.

Las constantes de reacción de los mecanismos de formación del NO térmico han sido determinadas y validadas en numerosas investigaciones. Las expresiones de los coeficientes cinéticos de las reacciones son de la forma:

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}, \text{ m}^3/\text{gmol}\cdot\text{s} \quad (3.3)$$

En el Cuadro 3.3-1 se resumen los coeficientes de reacción de los mecanismos de formación de NO.

Cuadro 3.3-1
Coefficientes de Reacción de Formación de NO

	$k_0, \text{m}^3/\text{gmol}\cdot\text{s}$	E_a/R
k_1	$1,8 \times 10^8$	38.370
k_{-1}	$3,8 \times 10^7$	425
k_2	$1,8 \times 10^4$	4680
k_{-2}	$3,8 \times 10^3$	20.820
k_3	$7,1 \times 10^7$	450
k_{-3}	$1,7 \times 10^8$	24.560

Es importante señalar que para las ecuaciones del mecanismo de Zeldovich, k_1 , k_2 y k_3 corresponde a los coeficientes cinéticos para las reacciones hacia delante, mientras que k_{-1} , k_{-2} y k_{-3} la reacción inversa.

La tasa de formación de NO, vía los mecanismos señalados, se puede expresar entonces como sigue:

$$\frac{dNO}{dt} = k_1[O][N_2] + k_2[N][O_2] + k_3[N][OH] - k_{-1}[NO][N] - k_{-2}[NO][O] - k_{-3}[NO][H] \quad (3.4-a)$$

$$\frac{dNO}{dt} = 2k_1[O][N_2] \frac{\left(1 - \frac{k_{-1}k_{-2}[NO]^2}{k_1[N_2]k_2[O_2]}\right)}{\left(1 + \frac{k_{-1}[NO]}{k_2[O_2] + k_3[OH]}\right)} \quad (3.4-b)$$

La tasa de formación de NOx es importante únicamente a elevadas temperaturas (mayores que 1.800 °K) debido a que la fijación del nitrógeno requiere la ruptura del triple enlace de N₂ (energía de disociación de 941 KJ/gmol). Esta situación se puede evidenciar por el elevado valor de la energía de activación (E_a) del coeficiente cinético de la reacción de la primera ecuación del mecanismo de Zeldovich (ver Cuadro 3.3-1); la ocurrencia de la misma es el paso que limita el mecanismo de formación de NOx propuesto por Zeldovich. Sin embargo, la energía de activación de los átomos de N es pequeña. Cuando existe suficiente oxígeno, como en una llama pobre en combustible, la tasa de consumo de átomos de nitrógeno libre se torna igual a la tasa de su formación, y de esta manera se puede

establecer un estado cuasi-estacionario para el N. Este supuesto es válido para la mayoría de las situaciones de combustión, exceptuándose aquellos casos en los cuales la combustión se efectúa bajo condiciones de enriquecimiento de combustible.

A partir del análisis de la ecuación 2.4-b es posible inferir las conclusiones siguientes, respecto a la tasa de formación de NO térmico:

- Se incrementa con la concentración de oxígeno.
- Es altamente dependiente de la temperatura.
- Es independiente del tipo de combustible.

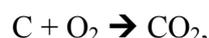
En general, el análisis muestra que no existe una dependencia directa entre la tasa de formación de NO y el tipo de combustible que se emplee.

En el caso particular de INACESA Copiapó, el horno opera con una cantidad de aire en exceso de aproximadamente 6%, independiente del combustible que se esté empleando. Y la formación de NOx en éste caso está directamente relacionada sólo con la temperatura de operación del horno, la cual a su vez está determinada por el tipo de producto que se está procesando. La concentración de NOx en el gas de salida del horno de INACESA Copiapó es de aproximadamente 100 ppm (107,1 ppm medido el 24 de agosto del 2006), y su control en este rango es un indicio que el horno tiene una buena combustión y está operando a una temperatura adecuada.

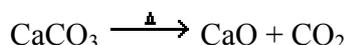
En síntesis, por lo expuesto se prevé que con el uso de cualquier otro combustible, no se modificará la composición de los gases de salida en lo que respecta al NOx. La formación del mismo, depende de la temperatura de operación de los hornos y esta es una variable que se controla por cuanto la misma incide en la calidad de los productos de la fábrica.

3.1.4 Emisiones de CO₂

La formación de CO₂ tiene su explicación en dos mecanismos: la combustión de los combustibles y la calcinación de la caliza. La formación de CO₂ mediante el mecanismo de combustión queda representada mediante la siguiente ecuación de reacción:



Por su parte la formación de CO₂ por calcinación se representa mediante la siguiente ecuación de reacción:



La ecuación de combustión indica que cada tonelada de carbón quemado, genera 3,7 toneladas de dióxido de carbono. Por su parte, la calcinación de una tonelada de caliza genera aproximadamente 0,45 toneladas de CO₂.

3.1.5 Emisiones de CO

Respecto del monóxido de carbono (CO) cabe indicar que es un componente que siempre mantendrán controlado en la industria cementera y de cal, por cuanto su presencia a ciertos niveles genera riesgos tales como explosiones, principalmente en los precipitadores electrostáticos.

3.2 ESCENARIO DE ANÁLISIS

Los escenarios de análisis que se detallan a continuación, se refieren a las condiciones de operación que han sido consideradas en el inventario de las emisiones a la atmósfera y en el análisis de los efectos que se pronostican sobre la calidad del aire. El cuadro 3.2-1 resume los escenarios de operación actual y futura de la planta INACESA Copiapó considerados.

Para los fines de cuantificar los efectos que genera la implementación de este Proyecto, el análisis determina las emisiones que genera actualmente la Planta INACESA Copiapó y el inventario de emisiones para el escenario futuro de operación. A la luz de ambos inventarios se comparan sus resultados y determina si las emisiones de la Planta INACESA Copiapó están comprendidas en el rango de emisiones actualmente existente, en lo referente a la cantidad de las mismas.

Cuadro 3.2-1
Escenarios de Operación Actual y Futura Planta INACESA Copiapó⁽¹⁾

Horno Cal INACESA	Escenario Actual	Escenarios Proyectados				
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 4
Operación Actual (caso base)	100% CB	-	-	-	-	-
Operación Futura	-	100 % CP	40% AU/60% CP	40 % AU/60% CB	50 % CP/50% CB	20% AU/40% CP/40% CB

⁽¹⁾ CB: Carbón Bituminoso, CP: Coque de Petróleo y AU: Aceite Usado.

En general, los escenarios han sido estructurados según el caso actual y cinco casos proyectados o futuros:

- Escenario actual: operación actual.
- Escenario 1: uso de 100% de coque de petróleo.
- Escenario 2: Mezcla de aceite usado y coque de petróleo.
- Escenario 3: Mezcla de aceite usado y carbón bituminoso.
- Escenario 4: Mezcla de coque de petróleo y carbón bituminoso.
- Escenario 5: Mezcla de aceite usado, coque de petróleo y carbón bituminoso.

3.3 FUENTES DE EMISIÓN

En base a lo señalado, sobre que las emisiones de NO_x, CO₂ y CO no dependen del uso de combustibles, sino más bien de la operación del horno, solo se analizarán las emisiones de MP10 y SO₂ que presenta la operación industrial de INACESA Copiapó.

Las emisiones de material particulado se generan en las actividades asociadas a la calcinación de la caliza en la planta industrial. Incluye el manejo y la transferencia de materiales, la acción erosiva del viento sobre los acopios activos de materiales, el tránsito de los camiones, y las emisiones del horno de calcinación, así como sus instalaciones anexas.

Las emisiones de SO₂ se generan por la oxidación del azufre (S) contenido en la caliza y en los combustibles a utilizar.

Las fuentes de emisión de material particulado que posee el Proyecto objeto a evaluación, son las siguientes:

- Planta de Cal:
 - Descarga de Caliza
 - Clasificación con filtro
 - Traspasos internos de caliza
 - Horno de Cal
 - Clasificación & Chancado de Producto
- Despacho de Cal
- Manejo de PORECI
- Producción de Cal Hidratada
- Producción de Magnecal
- Producción de Cal Viva Molida
- Manejo de carbón
- Transporte de Caliza

3.4 FACTORES DE EMISIÓN

3.4.1 Factores de Emisión de MP10

Para calcular las emisiones fugitivas de material particulado, en su fracción respirable (MP10), se han empleado los factores de emisión que proporciona el documento EPA "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources". Tales factores nos proporcionan una medida de la cantidad de polvo que se emite por volumen o masa de material que se transfiere o manipula, o bien, los kilómetros que se desplaza un vehículo.

Los factores de emisión MP10 empleados para la operación del horno fueron obtenidos a partir de los muestreos isocinéticos que se han efectuado durante el año 2006. En la Tabla 1 se presentan los factores de emisión de MP10 empleados.

3.4.2 Factores de Emisión de SO₂

Las emisiones de SO₂ se obtuvieron en base a balances de masa, empleando para ello las características de los combustibles utilizados, de la caliza y a los requerimientos energéticos de los hornos, así como la capacidad de fijación del azufre.

3.5 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para efectos de analizar las variaciones que se originarán en las emisiones a la atmósfera con la Optimización Planta de Cal INACESA Copiapó, se elaboró un balance de material particulado (MP10) y Azufre (expresado como SO₂).

En consideración a lo señalado en párrafos precedentes, este análisis no considera otros gases, tales como NO_x y CO, ya que como se menciona la formación de NO_x no dependen del tipo de combustible que se esté utilizando, si no más bien de la temperatura de operación de los hornos.

3.5.1 Validación del Modelo

Previo al análisis de los efectos del Proyecto, se efectuó una revisión y validación del modelo propuesto, tomado como base el periodo de monitoreo ambiental del mes de septiembre. El objeto de la validación fue el de analizar la representatividad del modelo, de manera conjuntamente tanto para el inventario de emisiones como su dispersión atmosférica.

Se tomó como base tanto la meteorología como calidad del aire local registrada por la estación monitorea que ha instalado INACESA, frente a sus dependencias. Así como el inventario de emisiones de la actual operación de INACESA Copiapó.

Este análisis, además de evaluar la validez del modelo, permitió aproximarse a una concentración de fondo del sitio.

La validación se efectuó en términos de MP10 y SO₂. Cabe precisar que los modelos de dispersión atmosférica, como el utilizado en este análisis, en general proporcionan una adecuada representación de valores promedio de largo plazo; los valores de concentración promediados en lapsos de tiempo breve de unas cuantas horas –como 24 horas- deben manejarse con debida cautela. No obstante ello, la discusión que se expone en los párrafos siguientes incluye una comparación de los datos diarios modelados y medidos en la estación monitora, que ha sido definido como punto de control para los fines de este análisis.

Los resultados de la modelación de MP10 para el periodo de validación en el punto de control, muestran que la concentración media que aporta INACESA Copiapó es de 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, mientras que el valor medido en el mismo periodo de modelación alcanzó los 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. La diferencia de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, se explica como aporte de otras fuentes, incluida las condiciones naturales del entorno; en general se puede asumir que dicho valor podría constituir un valor del fondo del sector. La Ilustración 3.5-1 es la representación gráfica de las concentraciones de 24 horas de MP10 modeladas y registradas en la estación monitora de calidad del aire del sitio del Proyecto. El análisis e interpretación de tal gráfica muestra una dependencia lineal con una intercepción en 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$; dicho valor correspondería al valor de fondo, esto es la concentración que se registraría en la zona, sin el aporte de INACESA Copiapó. Respecto del valor de concentración de fondo de 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ se considera bastante representativo del área para un análisis de largo plazo, y comparables con los datos típicos que presentan zonas áridas (25 a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) y con la concentración media trianual que registra la estación monitora en la ciudad de Copiapó (39,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$); la diferencia entre este valor de fondo y la concentración media de la ciudad, es una consecuencia de la actividad de la misma.

Según lo expuesto, es posible concluir que el modelo explica adecuadamente los aportes de MP10 de INACESA Copiapó, considerando un valor de fondo de 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. En efecto, el error esperado respecto de los valores de concentración de 24 horas es de $\pm 18\%$. Tal error se reduce $\pm 2\%$ respecto del promedio.

Es posible hacer extensivo la representatividad del modelo expresado en el párrafo anterior al SO₂, por lo mismos, el análisis efectuado sobre ésta se ha efectuado para los fines de determinar un valor de fondo. Los resultados de tal análisis determinan que la concentración media con que aporta la actual operación de INACESA Copiapó en el punto

de control es de 0,010 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Dicho valor es bastante inferior que el valor registrado (0,660 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), determinando un valor de fondo en torno a los 0,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

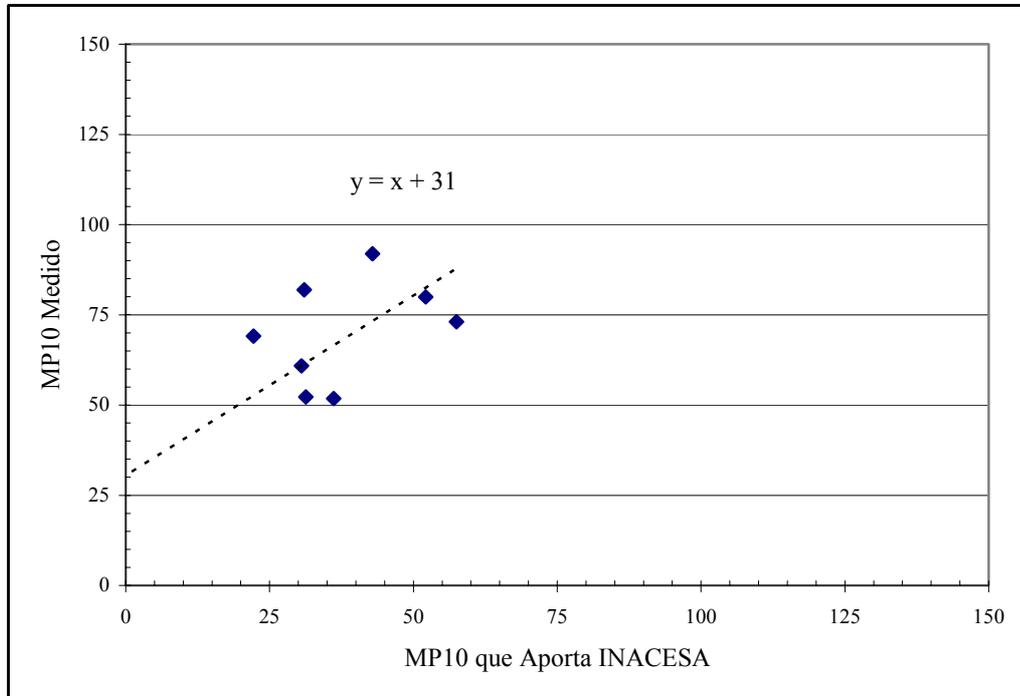


Ilustración 3.5-1. Comparación de MP10 Modelado y Registrado en Estación de Control. Datos de Septiembre del 2006.

A continuación se exponen los inventarios de emisiones validados, tanto para el escenario actual como proyectado.

3.5.2 Emisiones de MP10

i. Escenario Actual

Las emisiones de la actual operación alcanzan los 5.248 t/año, de las cuales 5.133 t/año se emiten a través de la chimenea. El Manejo del PORECI se presenta como la segunda fuente de emisión con 51,89 t/año de MP10. El inventario de emisiones de MP10 para la operación actual se muestra en la Tabla 2.

ii. Escenarios proyectados

Con la implementación del Proyecto se estima que las emisiones se reducirán hasta 191 t/año. Tal reducción se alcanza con la implementación del filtro de mangas.

iii. Síntesis

Las proyecciones indican que las emisiones de material particulado se reducen de 5.144 a 191 ton/año (Cuadro 3.5-1), independiente si se usa coque de petróleo o Aceite Usado.

Cuadro 3.5-1
Emisión PM10, para escenario actual y proyectado

Escenario	Emisión MP10, t/año
Actual	5.248
Proyectado	191

Las emisiones anuales en el Horno de Cal se reducen en un 98,6%, esto se debe básicamente a la incorporación de un nuevo filtro de mangas, contemplada en la operación futura.

3.5.3 Emisiones de SO₂

i. Escenario Actual

Actualmente, la chimenea del horno de cal que opera en la Planta de Cal INACESA Copiapó emite 0,15 kg/hora de SO₂, el combustible utilizado es el carbón bituminoso, el cual posee 1,3% de S.

Como se señala en la Sección 3.1.2, de este Apéndice la naturaleza alcalina de los hornos para la fabricación de cal, proveen las condiciones para la fijación del SO₂ en el producto, reduciendo con ello el contenido de SO₂ del gas que se emite. La presencia de la caliza (CaCO₃) y cal (CaO) reducen el SO₂ generado en los hornos para formar yeso (CaSO₄) como subproducto. Esto se refleja en el Cuadro 3.5-2, donde se indica que el % de S de abatimiento del horno de cal es de 99,9, es decir, tan solo un 0,1% de azufre que ingresa al horno, tanto en la caliza como en el combustible, se emite a la atmósfera como anhídrido sulfuroso. El calculo de la fijación del horno, se ha efectuado a partir de los resultados de un muestreo efectuado a los gases emitidos por la chimenea, durante el presente EIA.

Cuadro 3.5-2
Fijación del Azufre en Horno de Cal

Caliza, t/hr	35,0
%S Caliza	0,12
Carga S c/Caliza, kg/hr	42,0
Carbón, t/hr	2,9
%S Carbón	1,1
Carga S c/carbón, kg/hr	31,9
Carga Total S, kg/hr	73,9
Carga Total Eq. SO ₂ , kg/hr	147,8
Emisión SO ₂ , kg/hr	0,15
Fijación de SO ₂ /S, %	99,9

ii. Escenarios proyectados

La emisión de SO₂ para cada uno de los escenarios definidos en el Cuadro 3.2-1, se resumen a continuación, en el Cuadro 3.5-3. El mismo Cuadro incluye la actual emisión de SO₂ de la planta.

Las emisiones de SO₂ actuales y proyectadas para los cinco escenarios propuestos se encuentran comprendidas entre 0,15 a 0,47 kg/hr. Las emisiones de SO₂ son mayores para el escenario 1, donde se utilizaría como combustible coque de petróleo, esto se debe a que el coque de petróleo tiene un contenido mayor de azufre, aproximadamente de un 6,5%, a diferencia del carbón bituminoso con aproximadamente un 1,3% de azufre.

En el caso del empleo de aceite usado se observa que su mezcla con ambos combustibles sólidos, reduce la emisión de SO₂ respecto del uso de los mismos de manera directa. La menor emisión de SO₂ de esta mezcla resulta por el hecho que el contenido de azufre del aceite usado es menor al que presentan el carbón bituminoso y coque de petróleo; además, del mayor poder calorífico que posee el aceite usado.

Cuadro 3.5-3
Resumen de Inventario de Emisión de SO₂

Escenario	Emisión SO ₂ , kg/hr
Actual - 100% Carbón Bituminoso	0,15
Proyectado - 100% Coque de petróleo	0,47
Proyectado - 40% Aceite usado/60% Coque de petróleo	0,33
Proyectado - 40% Aceite usado/60% Carbón Bituminoso	0,14
Proyectado - 50% Carbón Bituminoso/50% Coque de petróleo	0,32
Proyectado - 20% Aceite Usado/40% Coque de petróleo/40% Carbón Bituminoso	0,28

3.5.4 Emisiones de Vanadio y Níquel

Como parte del análisis de calidad del aire, se efectuó un inventario de emisiones de Vanadio y Níquel, a los fines de establecer si las mismas quedan comprendidas en el límite de aplicabilidad los estándares de la Norma de Referencia Suiza. Este inventario cubrió tanto la actual operación, así como la Proyectada.

El Cuadro 3.5-4 resume el balance de Vanadio y Níquel efectuado para determinar la capacidad de fijación de ambos elementos en la matriz de caliza y cal que circulan a través del Horno. Los cálculos muestran que la capacidad de fijación de Vanadio y Níquel del horno es de 79 y 80% respectivamente.

Cuadro 3.5-4

Balance de Vanadio y Níquel para Determinar Fijación en Matriz de Caliza y Cal

Componente	Flujo, t/hr	Vanadio		Níquel		
		[ppm]	Flujo, kg/hr	[ppm]	Flujo, kg/hr	
<i>Entrada</i>						
	Carbón bituminoso	3,354	115	0,386	21	0,07
<i>Salida</i>						
	Emisión de MP10	0,586	49	0,029	9	0,005
	PORECI	1,04	49	0,051	9	0,009
<i>Fijación en Matriz de CaCO₃/CaO</i>						
	kg/hr			0,306		0,056
	%			79%		80%

A partir de la fijación calculada se pronosticó, mediante un balance de masa de ambos elementos, su emisión para el escenario de utilización de 100% de coque de petróleo. Se ha utilizadas esta condición de análisis, por cuanto la misma resulta más conservadora, toda vez que el contenido de Vanadio y Níquel del coque de petróleo es mayor que el que presentan los aceites usados. El detalle de este inventario se resume en el Cuadro 3.5-5. Tal inventario determinó que las emisiones máximas de Vanadio y Níquel que se pronostican para el proyecto son de 4 y 1 g/hr respectivamente.

Cuadro 3.5-5
Inventario de Emisiones de Vanadio y Níquel Pronosticado con
Usos de Coque de Petróleo

Componente		Flujo, t/hr	Vanadio		Níquel	
			[ppm]	Flujo, kg/hr	[ppm]	Flujo, kg/hr
<i>Entrada</i>						
	Coque de petróleo	3,003	1263	3,793	305	0,916
<i>Salida</i>						
	Fijación en Matriz de CaCO ₃ /CaO	-	-	3,007	-	0,733
	PORECI/POREFI	1,621	482	0,782	112	0,182
<i>Emisión por Chimenea</i>						
				4,021 g/hr		0,937 g/hr

SECCIÓN 4.0 – EFECTOS SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE

En esta sección se analizan y determinan los efectos que se generarán sobre la calidad del aire, a consecuencia del Proyecto.

Tal como se menciono anteriormente, el análisis que aquí se presenta se efectúa en términos de las emisiones de SO₂ y MP10. Todo esto con el objetivo de conocer la distribución de estos contaminantes en la atmósfera y cómo esto afectará la calidad del aire en el área de influencia del Proyecto.

Como parte de la evaluación se ha aplicado un modelo de dispersión atmosférico, para lo cual se ha empleado el inventario de emisiones presentado en la sección anterior.

4.1 MODELO DE DISPERSIÓN

Se aplicó el modelo desarrollado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US EPA) Industrial Source Complex, ISC3. El modelo ISC3 está basado en la ecuación de dispersión Gaussiana, la que puede ser usada para simular las emisiones de fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes volumétricas, rajos abiertos y efectos aerodinámicos producidos por la presencia de edificios cercanos.

El ISC3 utiliza datos meteorológicos horarios para determinar las condiciones de altura de penacho, transporte, difusión y remoción. Puede estimar los valores, tanto de concentración como remoción en cada receptor, para cada hora de información meteorológica, y, a su vez, calcula promedios seleccionados por el usuario. El programa dispone de algoritmos para simular los efectos producidos por remoción seca y húmeda, además de incorporar el manejo de terreno complejo (para mayor información referirse al documento “User Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models Volumen II – Description of Model Algorithms, EPA, 1995).

El modelo ISC3 consta de dos programas ejecutables: un modelo de corto plazo y otro de largo plazo. El modelo de corto plazo trabaja con información meteorológica horaria. El modelo de largo plazo trabaja con información anual preprocesada. Este último no incorpora los algoritmos para manejo de remoción húmeda y terreno complejo.

Para la simulación que se efectuó en este estudio, se empleó el modelo de corto plazo, ISCST.

4.2 ESCENARIO DE MODELACIÓN

4.2.1 Dominio del Modelo

El dominio del modelo se refiere al territorio sobre el cual se aplicó la dispersión atmosférica. El dominio de esta modelación cubre una superficie de 7,0 x 6,5 km, limitada por las coordenadas geográficas (UTM):

- Este: 377.000 a 383.500
- Norte: 6.970.000 a 6.977.000

4.2.2 Periodos de Modelación

El análisis efectuado considera dos periodos de modelación: uno de corto plazo, el cual utiliza la información meteorológica disponible de la estación INACESA Copiapó que cubre el mes de septiembre 2006; y otro de largo plazo, efectuada a partir de información meteorológica de un año completo registrada en la estación Paipote y cuyo régimen de viento ha sido ajustado por efectos topográficos, de manera que la misma se adecue de mejor manera a las condiciones locales del sitio del Proyecto.¹

4.2.3 Receptores

Para la modelación se definieron dos grillas rectangulares en el dominio del modelo: una grilla compuesta por 16 columnas y 16 filas, distantes 400 m entre sí, que abarca todo el dominio del modelo; y otra grilla compuesta por 16 columnas y 16 filas, distantes 125 m entre sí, concentrada en los alrededores de planta INACESA Copiapó.

Además, se consideró un receptor adicional, ubicado en la localización de estación INACESA Copiapó de manera de comparar los resultados de la modelación con los registros actuales de calidad del aire de esta estación. Luego, en total se consideraron 478 receptores donde el modelo determinó la concentración.

4.2.4 Meteorología

Como se mencionó en la Sección 4.2.2, el análisis consideró utilizar para el periodo de corto plazo, la meteorología registrada en estación INACESA Copiapó para el mes de septiembre de 2006, mientras que para el periodo de largo plazo se utilizó información meteorológica de la estación Paipote año 2005, cuyo régimen de viento ha sido ajustado por efectos topográficos.

¹ La estación Paipote se ubica en las coordenadas 374.539 E y 6.967.442 N, distante aprox. 10 km. al SW de estación INACESA Copiapó. Se cuenta con registros completos de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y radiación solar para los años 2003 a 2005.

4.2.5 Fuentes de Emisión

Se han modelado las fuentes de emisión identificadas en la Sección 2.0 de este documento. A continuación se presentan los registros de emisiones incorporados al modelo ISC3 para MP10 y SO₂.

i. MP10

Para el caso del PM10 se han considerado las fuentes de emisión resumidas en el Cuadro 4.2-1 para la situación actual y el Cuadro 4.2-2 para la situación proyectada. Ambos cuadros resumen las fuentes de emisión de MP10, tanto fugitivas como fijas, incorporadas al modelo.

Cuadro 4.2-1
Fuentes de Emisión, Situación Actual

ID	Fuente de Emisión	Emisión MP10, g/s
100	Planta Cal	
110	<i>Descarga Caliza</i>	0,02
120	<i>Clasificación c/filtro</i>	0,03
130	<i>Trasposos internos de caliza Horno (seis c/u)</i>	0,11
140	<i>Horno Cal c/Multiciclón¹</i>	162,78
150	<i>Clasificación & Chancado de Producto</i>	0,18
160	<i>Erosión</i>	0,00
200	Despacho Cal	
210	<i>Carga de cal (seis transferencias)</i>	0,06
220	<i>Transporte interno de cal</i>	0,35
300	Manejo PORECI	
310	<i>Carga camión</i>	0,00
320	<i>Traslado a Acopio</i>	0,12
330	<i>Descarga en Acopio</i>	0,00
340	<i>Erosión de Acopio</i>	1,52
	Producción de Cal Hidratada/Cal Viva	
400	Molida/Magnecal	
410	<i>Cal Hidratada</i>	0,00
420	<i>Magnecal</i>	0,11
430	<i>Cal Viva Molida</i>	0,13
440	<i>Erosión de áreas activas</i>	0,02
500	Manejo de Carbón	
	<i>Transporte interno</i>	0,01
	<i>Trasposos</i>	0,00
	<i>Erosión</i>	0,00
600	Transporte de Caliza	
	<i>Tramo 1</i>	0,38
	<i>Tramo 2</i>	0,21
	<i>Tramo 3</i>	0,38

Cuadro 4.2-2
Fuentes de Emisión, Situación Proyectada

ID	Fuente de Emisión	Emisión MP10
		g/s
100	Planta Cal	
110	<i>Descarga Caliza</i>	0,02
120	<i>Clasificación c/filtro</i>	0,03
130	<i>Traspasos internos de caliza Horno (seis c/u)</i>	0,11
140	<i>Horno Cal c/Filtro</i>	2,31
150	<i>Clasificación & Chancado de Producto</i>	0,19
160	<i>Erosión</i>	0,00
200	Despacho Cal	
210	<i>Carga de cal (seis transferencias)</i>	0,06
220	<i>Transporte interno de cal</i>	0,37
300	Manejo PORECI	
310	<i>Carga camión</i>	0,00
320	<i>Traslado a Acopio</i>	0,19
330	<i>Descarga en Acopio</i>	0,00
340	<i>Erosión de Acopio</i>	1,52
	Producción de Cal Hidratada/Cal Viva	
400	Molida/Magnecal	
410	<i>Cal Hidratada</i>	0,00
420	<i>Magnecal</i>	0,11
430	<i>Cal Viva Molida</i>	0,13
440	<i>Erosión de áreas activas</i>	0,02
500	Manejo de Carbón	
	<i>Transporte interno</i>	0,01
	<i>Traspasos</i>	0,00
	<i>Erosión</i>	0,00
600	Transporte de Caliza	
	<i>Tramo 1</i>	0,39
	<i>Tramo 2</i>	0,22
	<i>Tramo 3</i>	0,39

ii. SO₂

Considerando que la emisión de anhídrido sulfuroso se relaciona con la operación de los hornos, las fuentes de emisión que formaron parte de esta modelación corresponden a la chimenea del horno de cal de planta INACESA Copiapó, los cuales se resumen en el cuadro a continuación.

Cuadro 4.2-3
Emisión SO₂, para los tres escenarios

Escenarios	Emisión SO ₂ , g/s
Actual	0,042
Proyectado 100% Coque de petróleo	0,131

4.2.6 Topografía

Para la modelación efectuada en esta oportunidad se consideró la topografía del terreno, que se muestra en la Figura 4.1 de este Apéndice.

4.3 RESULTADOS

Se ha modelado los efectos sobre la calidad del aire de las emisiones de PM₁₀ y SO₂ para la situación actual y futura.

El análisis que aquí se expone detalla los resultados de dos periodos de modelación, denominado de corto plazo y de largo plazo.

Se han incluido ambos periodos de modelación en consideración a que el sitio del Proyecto no cuenta con suficiente información meteorológica. La única información disponible en el sitio, ha sido generada por INACESA Copiapó para este estudio y cubre el mes de septiembre del 2006; tal información es la que ha sido empleada en la modelación de corto plazo.

La modelación de largo plazo ha sido incluida por dos razones fundamentales: validar las conclusiones a las cuales se llega con la modelación de corto plazo y, a su vez, proporcionar los argumentos técnicos que permitan demostrar a la autoridad el cumplimiento de la norma primaria de calidad del aire.

Cabe precisar que la información de línea base que ha generado INACESA Copiapó para este EIA, tanto de calidad del aire como meteorológica, ha permitido evaluar la representatividad del modelo aquí expuesto, así como los valores de fondo tanto para el MP10 como SO₂.

A continuación se describen los efectos del Proyecto sobre la calidad del aire, separadamente para el MP10 y SO₂.

4.3.1 MP10

i. Modelación de corto plazo

Los resultados de la modelación para el periodo de corto plazo, tanto para la actual operación como para la operación proyectada, se presenta en las Figuras 4.1 a 4.4. Las Figuras 4.1 y 4.2 presentan las isolíneas de concentración de MP10 que aporta la actual operación de INACESA Copiapó, como valor promedio y percentil 98 (P98) de las concentraciones de 24 horas respectivamente.

Por su parte las Figuras 4.3 y 4.4 presentan las isolíneas de concentración de MP10 que se proyecta aportará la operación de INACESA Copiapó, como valor promedio y P98 de las concentraciones de 24 horas respectivamente. En general, la expresión gráfica de la modelación permite advertir que las emisiones de MP10 se dispersan hacia el Este, en sentido contrario a la ciudad de Copiapó, influenciado por el patrón de viento que presenta el sector; con vientos que soplan mayoritariamente desde el suroeste.

El Cuadro 4.3-1 resume los aportes de MP10, actual y proyectado, en el punto de control. Como era de esperar, la modelación muestra que con la implementación del Proyecto se reducirán la concentración de MP10 en el aire; particularmente en el punto de control se espera que dicha reducción alcance el 65% sobre los valores medios, mientras que sobre los valores del P98 alcance el 75%. En general se espera que en el punto de control se cumpla la norma primaria, tanto la diaria como la anual. En efecto, se pronostica un valor del P98 de 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, inferior al valor de la norma diaria (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) y un valor promedio de 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, también inferior a la norma anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Cuadro 4.3-1

Resumen del Efecto de Corto Plazo del Proyecto en el Punto de Control[‡]

MP10	Actual		Proyectada	
	Aporte	Resultante [†]	Aporte	Resultante [†]
Valor Promedio, $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	120	151	15	45
P ₉₈ , $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	300	331	50	81

[†] Incluye la concentración de fondo de 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

[‡] Valores leídos de las figuras con los valores de isoconcentración.

ii. Modelación de largo plazo

Los resultados de la modelación para el periodo de largo plazo, tanto para la actual operación como para la operación proyectada, se presentan en las Figuras 4.5 a 4.8. Las

Figuras 4.5 y 4.6 presentan las isolíneas de concentración de MP10 que aporta la actual operación de INACESA Copiapó, como valor promedio y P98 de las concentraciones de 24 horas respectivamente.

Por su parte la Figuras 4.7 y 4.8 presentan las isolíneas de concentración de MP10 que se proyecta aportará la operación de INACESA Copiapó, como valor promedio y P98 de las concentraciones de 24 horas respectivamente.

El Cuadro 4.3-2 resume los aporte de MP10, actual y proyectado, en el punto de control. Como era de esperar, la modelación muestra que en el largo plazo con la implementación del Proyecto se reducirá la concentración de MP10 en el aire; particularmente en el punto de control se espera que dicha reducción alcance el 50% sobre la media anual, mientras que sobre los valores del P98 alcance el 70%. En general se espera que en el punto de control se cumpla la norma primaria, tanto diaria como anual. En efecto, se pronostica un valor del P98 de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, inferior al valor de la norma diaria (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) y un valor promedio de 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, también inferior a la norma anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Cuadro 4.3-2

Resumen del Efecto de Largo Plazo del Proyecto en el Punto de Control[†]

MP10	Actual		Proyectada	
	Aporte	Resultante [‡]	Aporte	Resultante [‡]
Valor Promedio, $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	60	91	12	43
P ₉₈ , $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	150	181	40	71

[†] Incluye la concentración de fondo de 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

[‡] Valores leídos de las figuras con los valores de isoconcentración.

4.3.2 SO₂

Cabe precisar que si bien el inventario de emisiones de SO₂ proyectado cubrió cinco escenarios, a continuación el análisis de los efectos solo se refiere a la condición proyectada de 100% de coque de petróleo, por considerar que la misma representa la condición más desfavorable o adversa desde el punto de vistas de las emisiones. El uso de otro combustible determina una condición más favorable de la evaluada en este informe.

i. Modelación de corto plazo

El Cuadro 4.3-3 resume el aporte de SO₂ actual y proyectado, en el punto de control. Los resultados de la modelación de corto plazo pronostican que en el punto de control la concentración de SO₂ se incremente a lo sumo en un 2% sobre la media anual, mientras que sobre los valores del percentil 99 (P99) dicho incremento alcance a lo sumo en 3%. Se ha utilizado la expresión “a lo sumo” considerando que se están pronosticando los efectos de

las emisiones de SO₂ para las condiciones más desfavorable, esto es con la utilización de coque como combustible. No obstante este incremento, se pronostica que en el punto de control se cumplirá con la norma primaria, tanto la diaria como la anual. En efecto, se pronostica un valor del P99 de 0,70 µg/m³N, inferior al valor de la norma diaria (250 µg/m³N) y un valor promedio de 0,67 µg/m³N, también inferior a la norma anual (80 µg/m³N).

Cuadro 4.3-3

Resumen del Efecto de Corto Plazo del Proyecto en el Punto de Control

SO ₂	Actual		Proyectada	
	Aporte	Resultante [†]	Aporte	Resultante [†]
Valor Promedio, µg/m ³ N	0,01	0,66	0,02	0,67
P ₉₉ , µg/m ³ N	0,02	0,68	0,05	0,70

[†] Incluye la concentración de fondo de 0,65 µg/m³N.

ii. Modelación de largo plazo

El Cuadro 4.3-4 resume el aporte de SO₂ actual y proyectado, en el punto de control. Los resultados de la modelación de largo plazo pronostican que en el punto de control la concentración de SO₂ se incremente a lo sumo en un 2% sobre la media anual, mientras que sobre los valores del P99 dicho incremento alcance a lo sumo el 5%. No obstante este incremento, con la modelación de largo plazo se pronostica que en el punto de control se cumplirá con la norma primaria, tanto la diaria como la anual. En efecto, se pronostica un valor del P99 de 0,69 µg/m³N, inferior al valor de la norma diaria (250 µg/m³N) y un valor promedio de 0,66 µg/m³N, también inferior a la norma anual (80 µg/m³N).

Cuadro 4.3-4

Resumen del Efecto de Largo Plazo del Proyecto en el Punto de Control

SO ₂	Actual		Proyectada	
	Aporte	Resultante [†]	Aporte	Resultante [†]
Valor Promedio, µg/m ³ N	0,004	0,65	0,01	0,66
P ₉₉ , µg/m ³ N	0,010	0,66	0,04	0,69

[†] Incluye la concentración de fondo de 0,65 µg/m³N.

TABLAS

INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.
ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE MP10

TABLA 1
FACTORES DE EMISIÓN DE MP10 PARA LA OPERACIÓN DE INACESA¹

Actividad Generación de Polvo	Factor Emisión MP10	Fuente
1.- Transferencia de Material	$Fe = 0,35 * 0,0016 \frac{(U / 2,2)^{1,3}}{(M / 2)^{1,4}}$, kg/ton	Sección 13.2.4 del AP42, 1995
2.- Tránsito en sitios industriales: Camino sin Pavimento	$Fe = 0,2819 * 1,5 * \left(\frac{f}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{W}{2,7}\right)^{0,45}$, kg/veh-km	Sección 13.2.2 del AP42, 2003
3.- Tránsito en sitios industriales: Camino con Pavimento	$Fe = 4,6 \left(\frac{sL}{2}\right)^{0,65} \left(\frac{W}{2,7}\right)^{1,5}$, kg/veh-km	Sección 13.2.1 del AP42, 2003
4.- Erosión	$Fe = 0,5 \sum_{i=1}^{365} P_i$, kg/ha-año $P_i = 58(u - u_t^*)^2 + 25(u - u_t^*)$, kg/ha-evento	Sección 13.2.5 de AP42, 1995
5.- Clasificación c/filtro	0,003 kg/t	Sección 11.17 del AP42, 1995
6.- Clasificación & Chancado de Producto*	50% de (7)	EPA
7.- Molienda cal y caliza	0,31 kg/t	Sección 11.17 del AP42, 1995
8.- Hidratador	0,033 kg/t	Sección 11.17 del AP42, 1995
A: Superficie tronadura, m ² d: altura de caída material, m M: humedad del material, % f: contenido de fino del camino o terreno, % W: peso medio de vehículos, ton	U: velocidad media del viento, m/s u* : velocidad de fricción del viento, m/s u _t * : velocidad de fricción umbral del material, m/s sL: carga de finos de la superficie del pavimento, g/m ²	

¹ Elaboración propia

*Incluye enfriador de producto

TABLA 2
INVENTARIO DE EMISIÓN DE MP10 PARA LA OPERACIÓN ACTUAL

ID	Fuente de Emisión	MP10	Factor de Actividad	Eficiencia Abatimiento	Emisión MP10, t/año
100	Planta Cal				
110	Descarga Caliza	0.00209 kg/ton	270000.00 ton/año		0.56
120	Clasificación c/filtro	0.00300 kg/ton	270000.00		0.81
130	Trasposos internos de caliza Horno (seis c/u)	0.01253 kg/ton	270000.00 ton/año		3.38
140	Horno Cal c/Multiciclón ¹	14.1 t/día	365 día/año		5133
150	Clasificación & Chancado de Producto	0.15500 kg/ton-cal	150000.00 ton/año	75.0%	5.81
160	Erosión	0.01 kg/m ² -mes	0.09 ha [†]		0.11
200	Despacho Cal				
210	Carga de cal (seis transferencias)	0.01253 kg/t	150000 ton/año		1.88
220	Transporte interno de cal	2.00590 kg/T-km	5556 veh.-Km/año		11.14
300	Manejo PORECI				
310	Carga camión	0.00209 kg/ton	9125 ton/año		0.02
320	Traslado a Acopio	1.26631 kg/T-km	3042 veh.-Km/año		3.85
330	Descarga en Acopio	0.00209 kg/ton	9125 ton/año		0.02
340	Erosión de Acopio	0.40000 kg/m ² -mes	1 ha [†]		48.00
400	Producción de Cal Hidratada/Cal Viva Molida/Magnecal				
410	Cal Hidratada	0.04135 kg/ton	1200.0 ton/año		0.05
420	Magnecal	0.31835 kg/ton	22380 ton/año	50.0%	3.56
430	Cal Viva Molida	0.31835 kg/ton	25000 ton/año	50.0%	3.98
440	Erosión de áreas activas	0.01 kg/m ² -mes	0.5 ha [†]		0.60
500	Manejo de Carbón				
	Transporte interno	2.00590 kg/T-km	94 veh.-Km/año		0.19
	Trasposos	0.00626	1224 t/año		0.01
	Erosión	0.01 kg/m ² -mes	0.04 ha		0.05
600	Transporte de Caliza				
	Tramo 1	2.14174 kg/T-km	5569 veh.-Km/año		11.93
	Tramo 2	0.29466 kg/T-km	22883 veh.-Km/año		6.74
	Tramo 3	0.29466 kg/T-km	40500 veh.-Km/año		11.93

siones por chimenea, 2006

1 área activa del depósito

Total, t/año

Total, t/año

5248

TABLA 3
INVENTARIO DE EMISIÓN DE MP10 PARA LA OPERACIÓN FUTURA

ID	Fuente de Emisión	MP10	Factor de Actividad	Eficiencia Abatimiento	Emisión MP10, t/año
100	Planta Cal				
110	Descarga Caliza	0.00209 kg/ton	279000.00 ton/año		0.58
120	Clasificación c/filtro	0.00300 kg/ton	279000.00		0.84
130	Trasposos internos de caliza Horno (seis c/u)	0.01253 kg/ton	270000.00 ton/año		3.38
140	Horno Cal c/Filtro	0.2 t/día	365 día/año		73
150	Clasificación & Chancado de Producto	0.15500 kg/ton-cal	155000.00 ton/año	75.0%	6.01
160	Erosión	0.01 kg/m ² -mes	0.09 ha [†]		0.11
200	Despacho Cal				
210	Carga de cal (seis transferencias)	0.01253 kg/t	155000 ton/año		1.94
220	Transporte interno de cal	2.00590 kg/T-km	5741 veh.-Km/año		11.52
300	Manejo PORECI				
310	Carga camión	0.00209 kg/ton	14199 ton/año		0.03
320	Traslado a Acopio	1.26631 kg/T-km	4733 veh.-Km/año		5.99
330	Descarga en Acopio	0.00209 kg/ton	14199 ton/año		0.03
340	Erosión de Acopio	0.40000 kg/m ² -mes	1 ha [†]		48.00
400	Producción de Cal Hidratada/Cal Viva Molida/Magnecal				
410	Cal Hidratada	0.04135 kg/ton	1200.0 ton/año		0.05
420	Magnecal	0.31835 kg/ton	22380 ton/año	50.0%	3.56
430	Cal Viva Molida	0.31835 kg/ton	25000 ton/año	50.0%	3.98
440	Erosión de áreas activas	0.01 kg/m ² -mes	0.5 ha [†]		0.60
500	Manejo de Carbón				
	Transporte interno	2.00590 kg/T-km	94 veh.-Km/año		0.19
	Trasposos	0.00626	1224 t/año		0.01
	Erosión	0 kg/m ² -mes	0.04 ha		0.00
600	Transporte de Caliza				
	Tramo 1	2.14174 kg/T-km	5754 veh.-Km/año		12.32
	Tramo 2	0.29466 kg/T-km	23645 veh.-Km/año		6.97
	Tramo 3	0.29466 kg/T-km	41850 veh.-Km/año		12.33

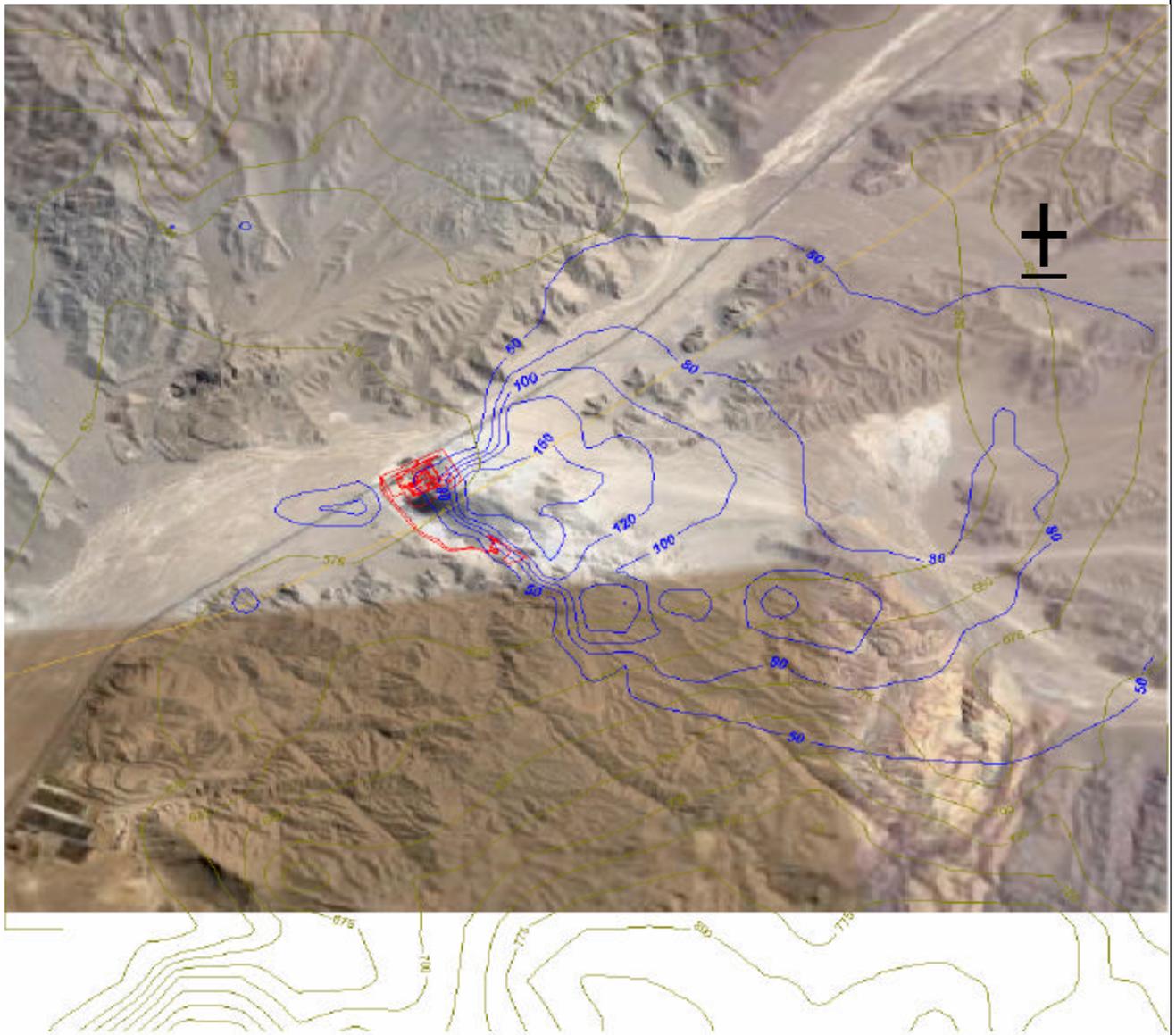
¹ Muestreo emisiones por chimenea, 2006

[†] Representa el área activa del depósito

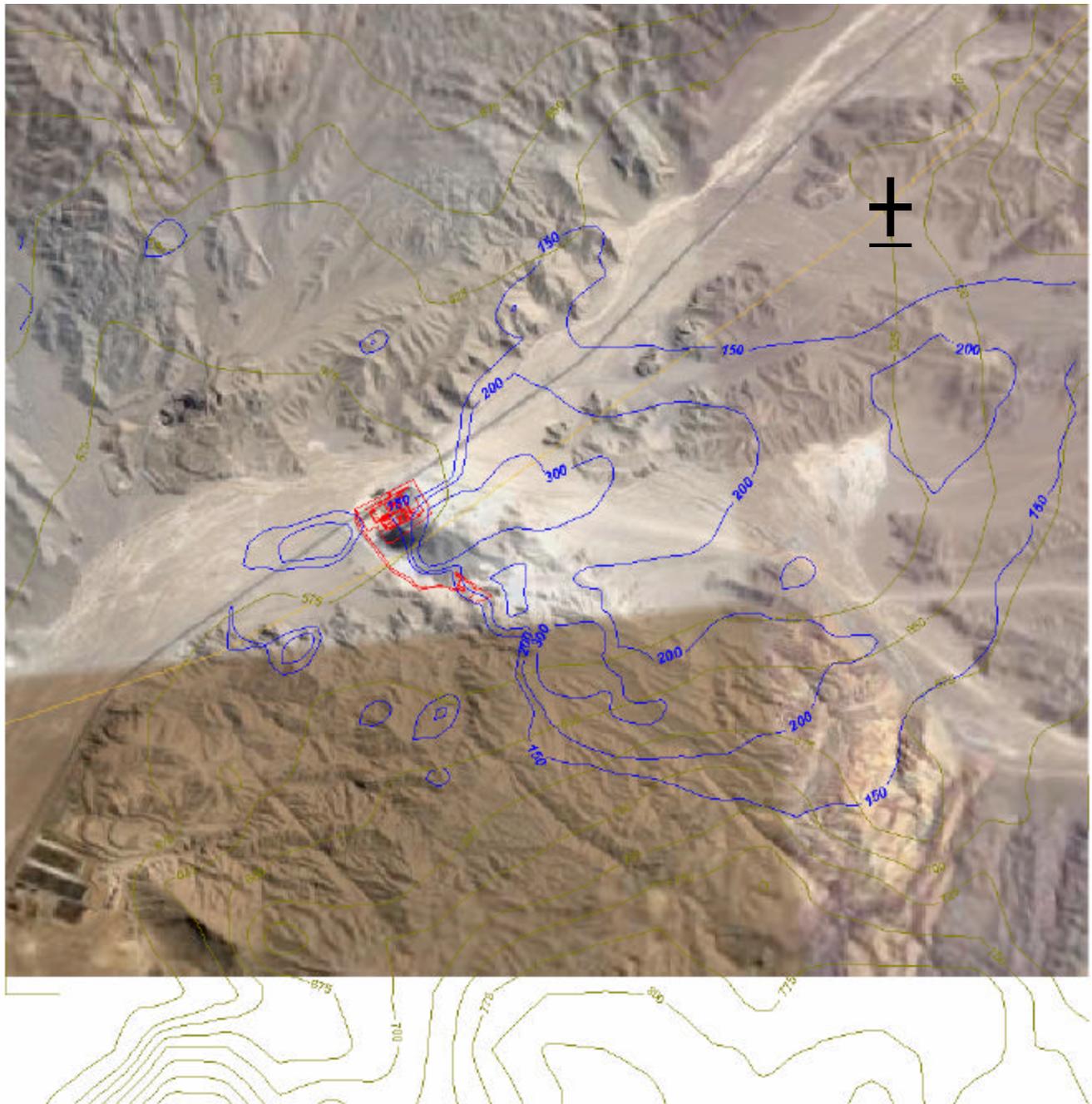
Total, t/año

191

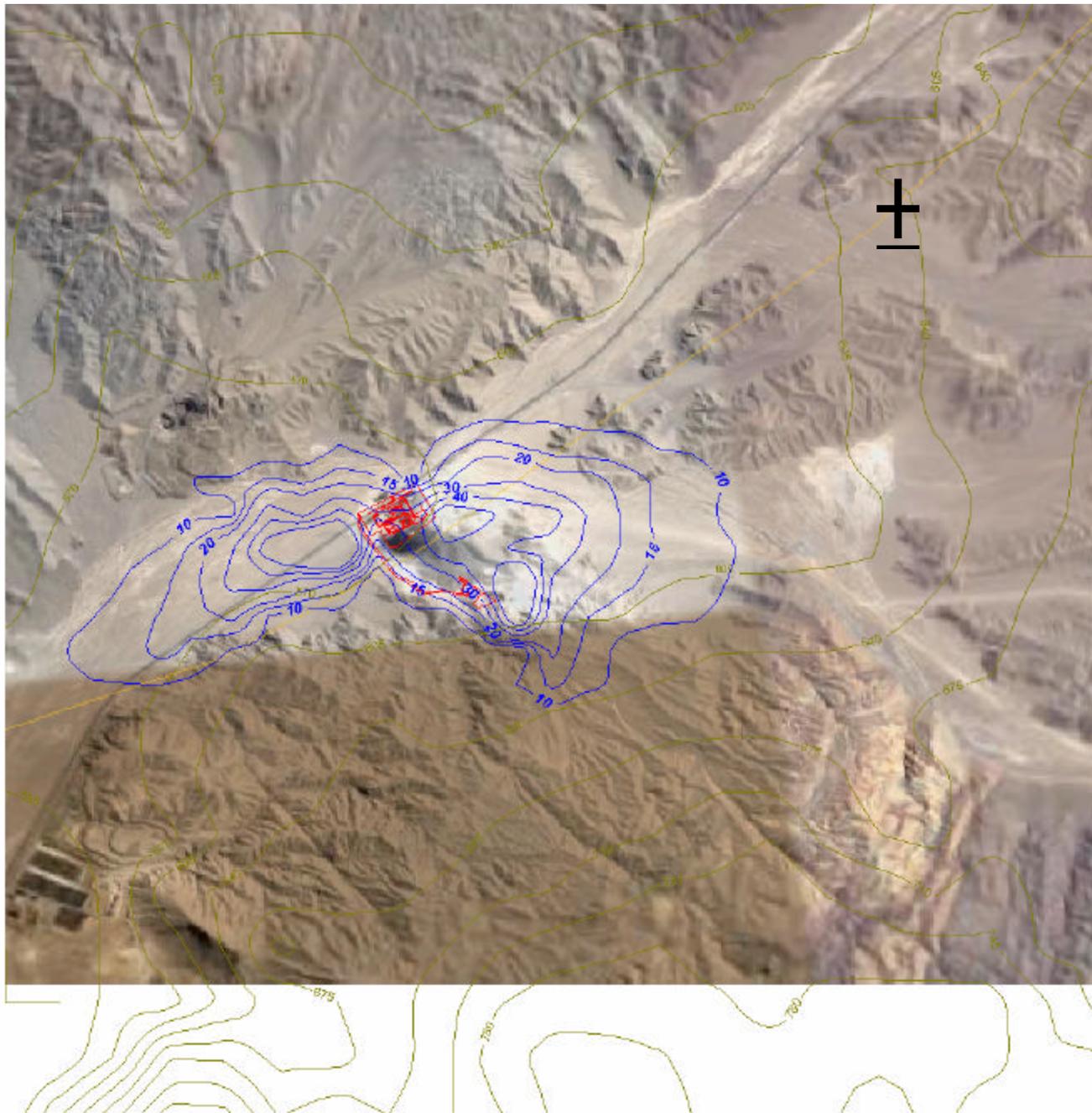
Total, t/año



INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.		
OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
APORTE DE MP10 DE LA ACTUAL OPERACIÓN COMO VALOR PROMEDIO – CASO CORTO PLAZO		
FUENTE:		
—KNIGHT PIESOLD S.A		Nº PROYECTO/ Nº PROJECT SA206-00002/16 FIGURA 4.1
		REV. 0



INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.		
OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
APORTE DE MP10 DE LA ACTUAL OPERACIÓN COMO P98 DE LAS CONCENTRACIONES DE 24 HORAS – CASO CORTO PLAZO		
FUENTE:		
—KNIGHT PIESOLD S.A		<small>Nº PROYECTO / Nº PROJECT</small> SA206-00002/16 <small>REV.</small> 0 FIGURA 4.2

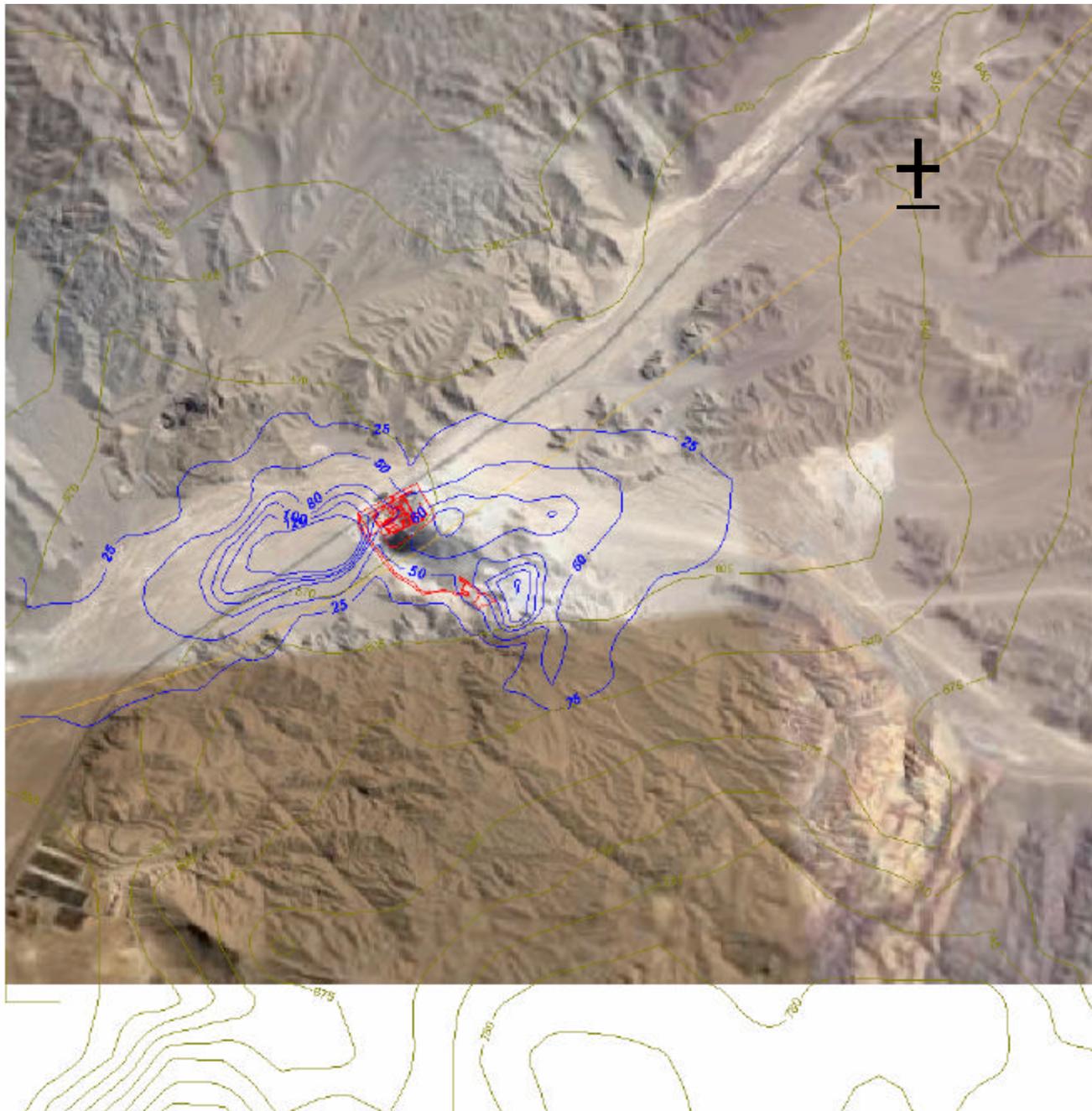


INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.		
OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
APORTE DE MP10 PROYECTADO COMO VALOR PROMEDIO – CASO CORTO PLAZO		
N° PROYECTO/ N° PROJECT		REV.
SA206-00002/16		0
FIGURA 4.3		

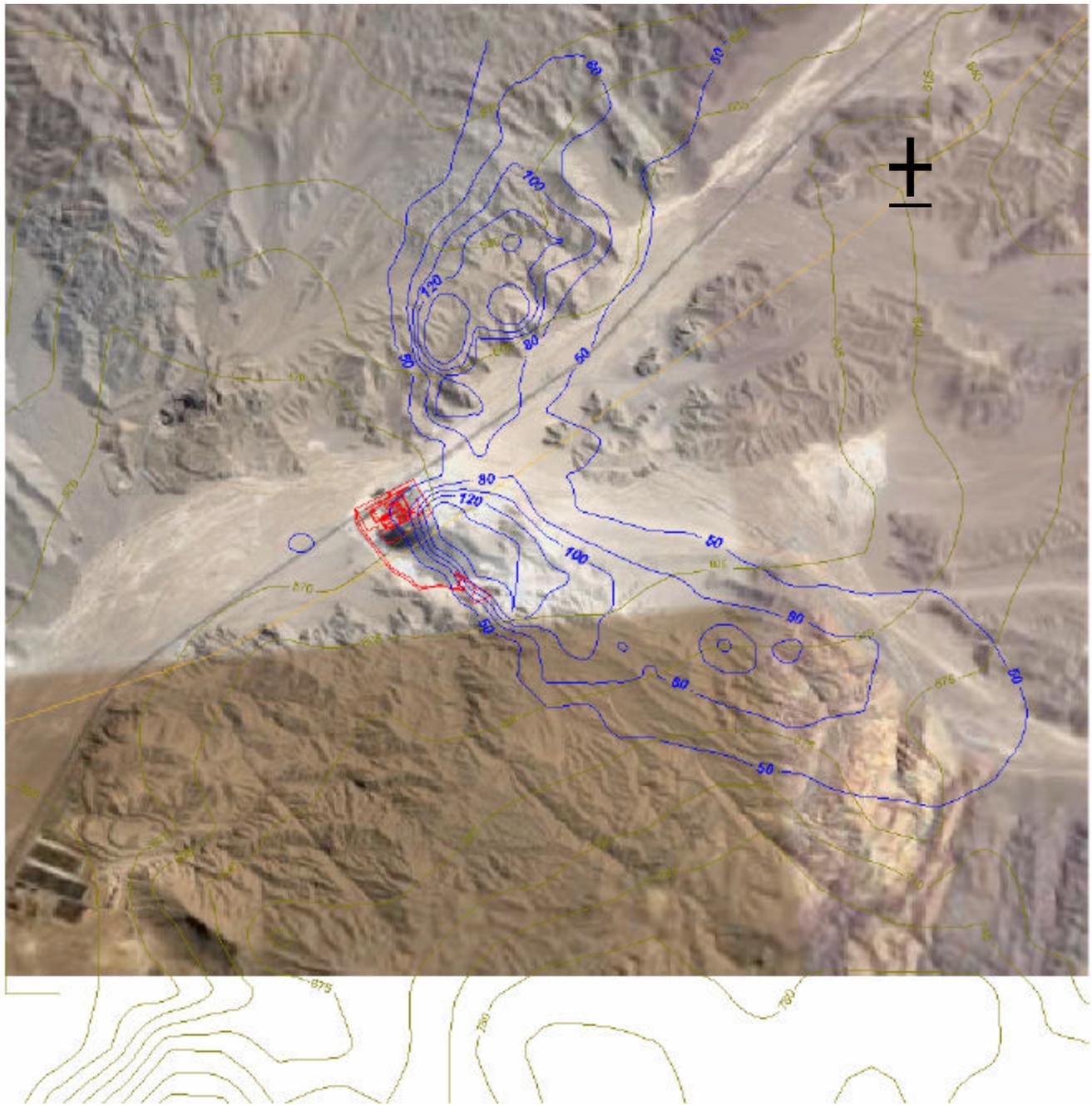
FUENTE:

—KNIGHT PIESOLD S.A





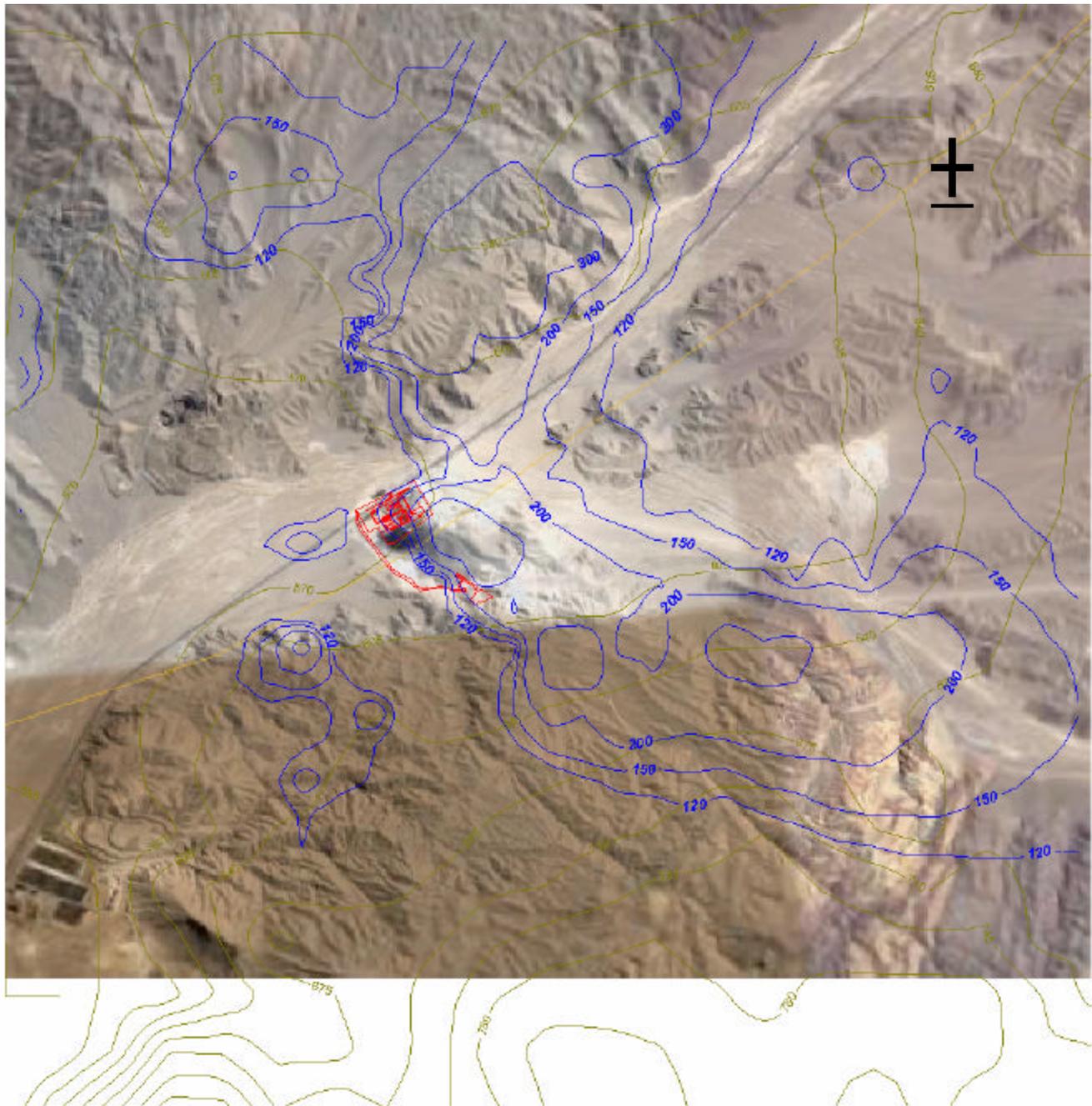
INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.		
OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
APORTE DE MP10 PROYECTADO COMO P98 DE CONCENTRACIONES DE 24 HORAS – CASO CORTO PLAZO		
FUENTE:		
—KNIGHT PIESOLD S.A		Nº PROYECTO/Nº PROJECT SA206-00002/16
		REV. 0
FIGURA 4.4		



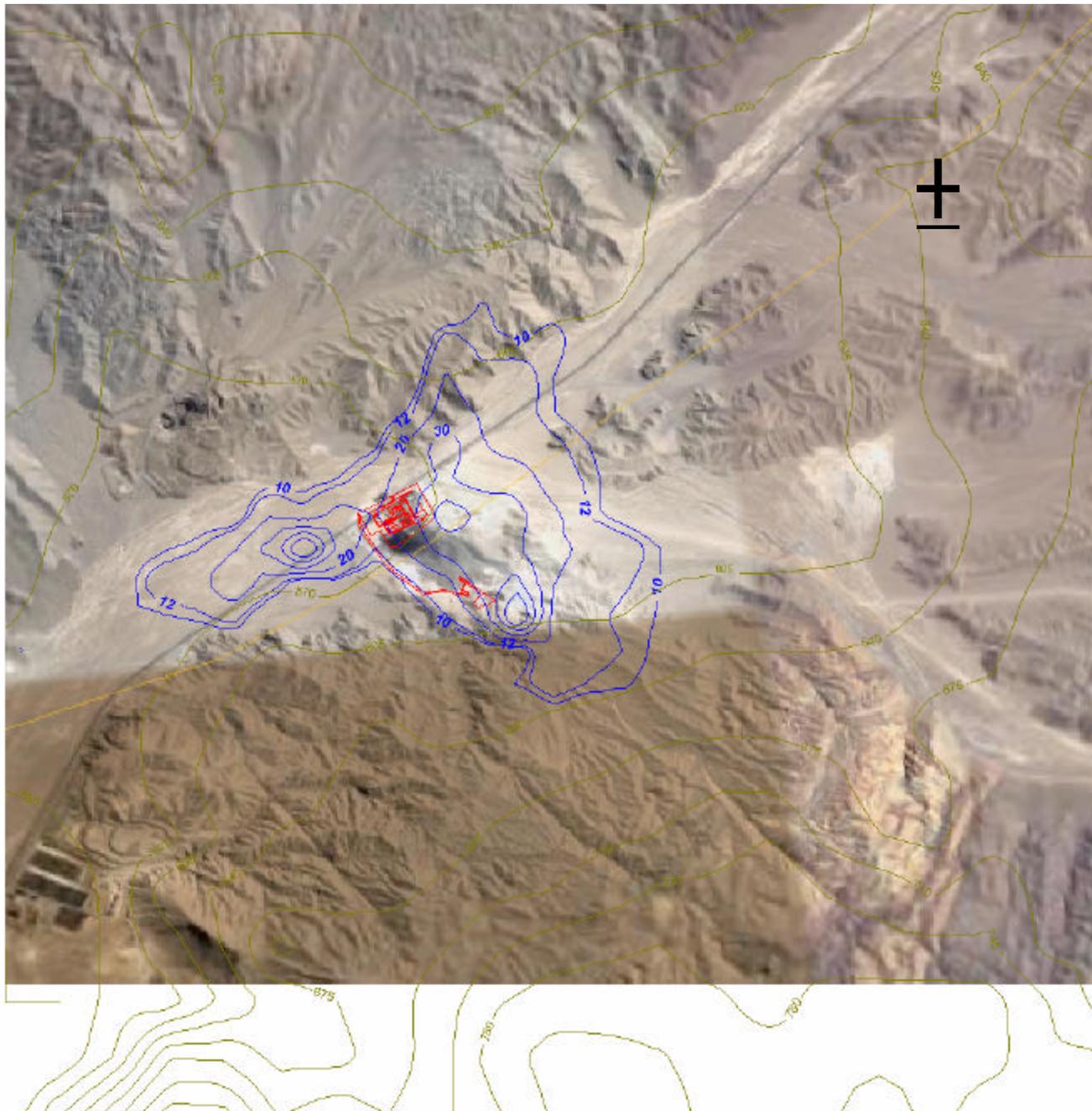
INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.		
OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
APORTE DE MP10 DE LA ACTUAL OPERACIÓN COMO VALOR PROMEDIO – CASO LARGO PLAZO		
N° PROYECTO/ N° PROJECT		REV.
SA206-00002/16		0
FIGURA 4.5		

FUENTE:
—KNIGHT PIESOLD S.A

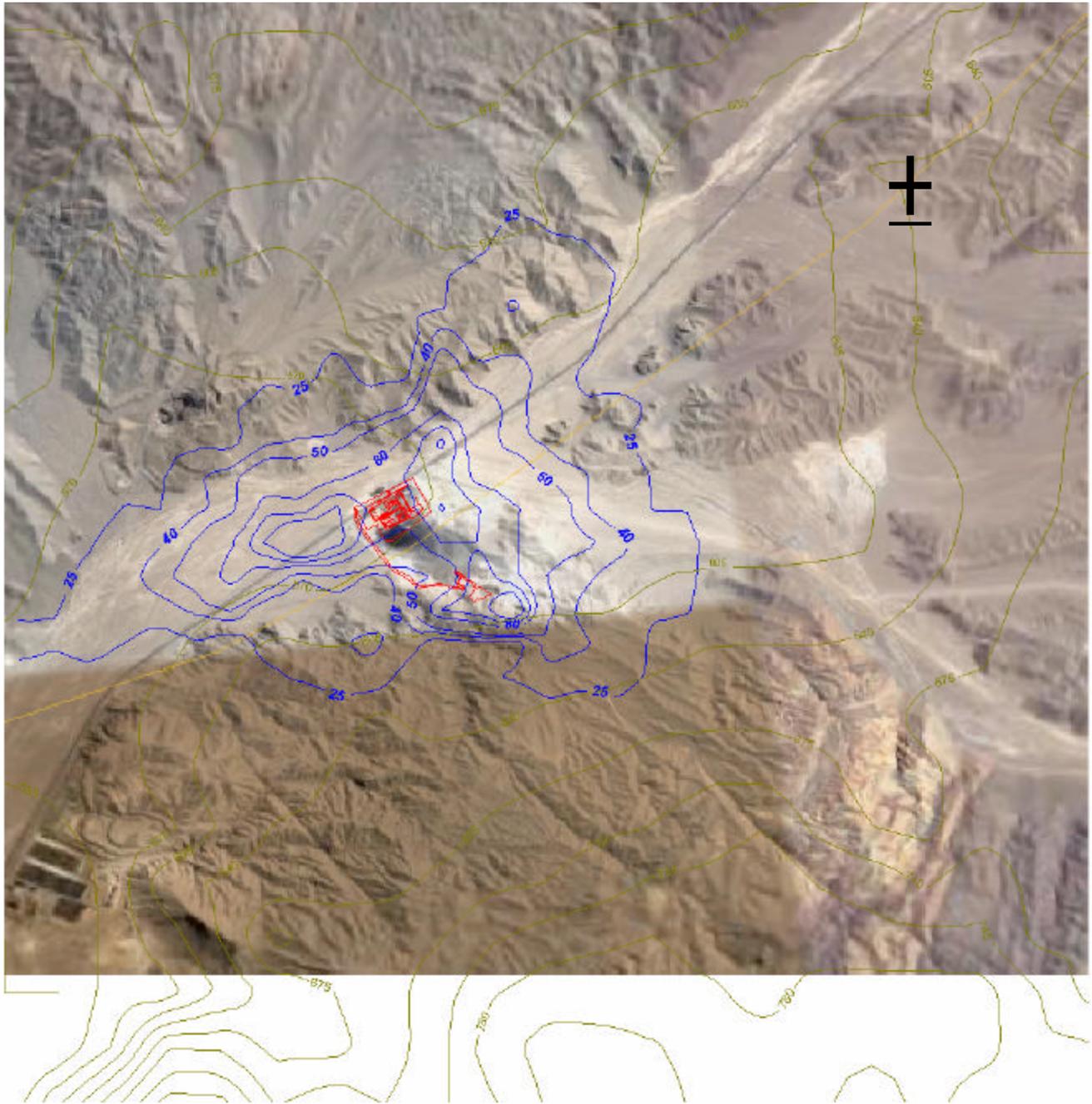




INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.		
OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
APORTE DE MP10 DE LA ACTUAL OPERACIÓN COMO P98 DE LAS CONCENTRACIONES DE 24 HORAS – CASO LARGO PLAZO		
FUENTE:		
—KNIGHT PIESOLD S.A		<small>NO. PROYECTO/NO. PROYECT</small> SA206-00002/16 <small>REV.</small> 0 FIGURA 4.6



INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.		
OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
APORTE DE MP10 PROYECTADO COMO MEDIA ANUAL - CASO LARGO PLAZO		
FUENTE:		
—KNIGHT PIESOLD S.A		Nº PROYECTO/ Nº PROJECT SA206-00002/16 REV. 0 FIGURA 4.7



INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO S.A.		
OPTIMIZACIÓN PLANTA CAL COPIAPÓ		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
APORTE DE MP10 PROYECTADO COMO P98 DE LAS CONCENTRACIONES DE 24 HORAS – CASO LARGO PLAZO		
FUENTE:		
—KNIGHT PIESOLD S.A		Nº PROYECTO/ Nº PROJECT: SA206-00002/16 REV. 0 FIGURA 4.8