

MAPR N° 0370/2024

Calama, 03 de julio de 2024.

Marie Claude Plumer Bodin
Superintendente
Superintendencia del Medio Ambiente
Presente

- REF.:**
- 1.- Resolución Exenta N° 15/ ROL D-031-2020, del 31 de mayo de 2024, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) que, “Realiza observaciones al Programa de Cumplimiento presentado por RECIMAT Limitada, en el marco del procedimiento sancionatorio ROL D-031-2020”.
 - 2.- Resolución Exenta N° 16/ROL D-031-2020, del 07 de junio de 2024, de la SMA, que extiende en 7 días hábiles adicionales el plazo original para la entrega del PdC Refundido.

MAT.: Solicita aprobación de Programa de Cumplimiento Refundido de fecha 03 de julio de 2024, conforme al artículo 42 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Ivo Ivcevic Gómez, cédula de identidad N° [REDACTED], domiciliado en [REDACTED] en representación de PROCESADORA DE RESIDUOS INDUSTRIALES (RECIMAT) Ltda., RUN 76.073.179-K, domiciliada en la misma dirección, en procedimiento administrativo sancionatorio de la Superintendencia del Medio Ambiente expediente rol D-031-2020, respetuosamente digo:

Que, estando dentro de plazo, y en conformidad a lo establecido en el numeral II de la parte resolutive de la resolución de REF, venimos a presentar el Programa de Cumplimiento Refundido y sus Anexos, que se hace cargo de las observaciones contenidas en el numeral II de la parte considerativa de la resolución de la REF. El plazo original otorgado en la resolución de REF 1, correspondió a 15 días hábiles a partir de la notificación de la mencionada resolución, el que fue ampliado mediante la resolución de REF 2, en 7 días hábiles adicionales.

Ante cualquier consulta, el contacto es el siguiente:

Nombre : Ivo Ivcevic Gómez
Cargo : Gerente Medio Ambiente
Domicilio : [REDACTED]
Teléfono : Cel.: [REDACTED]
E-Mail : [REDACTED]

Sin otro particular, se despide atentamente,



Ivo Ivcevic Gómez
Representante Legal
Procesadora de Residuos Industriales Ltda.
RECIMAT Limitada

Adjunto lo indicado.

C/c:

- Sandra Cortez, Jefa Oficina Regional SMA - Región de Antofagasta.
- Gerencia de Medio Ambiente – RECIMAT Limitada.

Programa de Cumplimiento Refundido (PdCR) 01-07-2024 versión D. Procesadora de Residuos Industriales Limitada (“RECIMAT”), procedimiento sancionatorio rol D-031-2020.

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS.

IDENTIFICADOR DEL HECHO	1
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	<p>No haber contratado a Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental con autorización vigente para la realización del monitoreo de material particulado MP-10, concentración de plomo en el aire y monóxido de carbono, desde 2017 a la fecha.</p>
NORMATIVA PERTINENTE	<p>D.S. N° 38/2013. “Aprueba Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente.</p> <p>Artículo 21. Ámbito de Aplicación. Las actividades de fiscalización ambiental a que se refiere el presente reglamento, se podrán llevar a cabo respecto de una parte o de la totalidad de los siguientes proyectos, actividades o fuentes: [...]</p> <p>Además, un sujeto fiscalizado, para dar cumplimiento a una normativa ambiental, general o específica, que le obliga a realizar mediciones, análisis, incluido el muestreo, deberá contratar a una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental con autorización vigente, para realizar dichas actividades.</p> <p>Asimismo, un sujeto fiscalizado deberá contratar a una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental con autorización vigente, para la realización de reportes periódicos de cumplimiento que deben entregarse a la Superintendencia, en su calidad de autoridad fiscalizadora ambiental. De la misma forma se deberá proceder en los casos de reportar programas de cumplimiento, planes de reparación, planes de compensación o medidas provisorias.</p> <p>Artículo primero. Las entidades acreditadas o autorizados para llevar a cabo actividades de muestreo, medición y análisis, por un organismo de la administración del Estado, que previo a la entrada en plena vigencia de la ley, contaba con competencia en fiscalización ambiental, y cuya acreditación o autorización sea válida al momento de la entrada en vigencia del presente reglamento, durante el plazo de dos años contadas desde la entrada en vigencia del mismo, podrán ser autorizadas de forma provisoria ante la Superintendencia para ejercer como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental.</p> <p>Resolución Exenta N° 986, de fecha 19 de octubre de 2016, “Dicta Instrucción de carácter general para la operatividad del Reglamento de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA), para titulares de instrumentos de carácter ambiental.</p> <p>Resuelvo Primero: De conformidad al artículo 21 del reglamento, el titular de un proyecto, sistema, actividad o fuente para dar cumplimiento a una normativa ambiental, general o específica, que le obliga a realizar mediciones, análisis, incluido el muestreo, deberá contratar a una Entidad Técnica de Fiscalización ambiental con autorización vigente, para realizar dichas actividades. Los muestreos, mediciones, y análisis deberán constar en un informe de resultados, cuyo contenido mínimo ha sido regulado por la SMA en la resolución exenta N° 1.194, del 18 de diciembre de 2015.</p>

	<p>Asimismo, los muestreos, mediciones, análisis, inspecciones o verificaciones que se requieran para la realización de los informes de seguimiento o reportes periódicos de cumplimiento que deben entregarse a la Superintendencia, en su calidad de autoridad fiscalizadora ambiental, deben ser realizados por una ETFA. El mismo criterio se aplicará a los programas de cumplimiento; planes de reparación; planes de compensación o medidas provisionales, entre otros.</p> <p>Res. Ex. N° 744, de 11 de julio de 2017, de la SMA, que “Establece criterios para calificar estaciones de monitoreo de material particulado respirable (MP10) como de representatividad poblacional”, especialmente lo referido a los criterios de emplazamiento 4.</p> <p>Res. Ex. N° 1449/2023, de 16 de agosto de 2023, de la SMA, que “dicta instrucciones de carácter general que establecen los requisitos técnicos para la instalación, funcionamiento y operación de los instrumentos en estaciones de muestreo y medición de calidad del aire y meteorología”</p>
<p>DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS</p>	<p>En conformidad a lo establecido en la RE N° 01/D-031-2020, de la SMA, se indica que la infracción ha producido efectos negativos respecto de la calidad del aire, producto de no contar con datos fiables, en conformidad a los siguientes antecedentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Los informes de seguimiento relativos a los monitoreos de calidad del aire y mediciones isocinéticas, fueron realizados por la empresa CORDAY Ingeniería y Medio Ambiente, la cual, de acuerdo a lo observado por la SEREMI de Salud de Antofagasta, no posee certificación ni acreditación para ejecutar las actividades de monitoreos de parámetros calidad del aire, ni las mediciones isocinéticas del sistema de evacuación de gases del horno y campana, comprometidas en las RCAs N° 121/2004 y N° 125/2004, para el periodo revisado (años 2015 y 2016). Por lo anterior, no cumple con lo exigido en [los] instrumentos de carácter ambiental señalados, por cuanto los monitoreos deberían haber sido ejecutados por el laboratorio ALS Patagonia S.A., en concordancia con los requerimientos para instalación, calibración y operación de los equipos de muestreo y análisis, aprobados por el Servicio de Salud de Antofagasta. Adicionalmente, los informes de monitoreo isocinético no especifican las condiciones operacionales al momento de realizar las mediciones ni información de funcionamiento del horno como uso de combustible. En tal sentido, no es posible considerar confiables los datos informados por el titular, sobre emisiones atmosféricas y calidad del aire, dado que no fueron realizados por empresas autorizadas por el Ministerio de Salud. La información reportada no garantiza que se cumpla con las normas de calidad de aire y de emisiones atmosféricas exigidas, considerando la localización de la Unidad Fiscalizable, en relación a la de áreas habitadas por población receptora o susceptible. 2. El titular solo entregó los resultados de tres campañas de monitoreo realizadas y correspondientes a las de año 2016, para las RCA N° 121/2004 y 125/2004. La Autoridad Sanitaria no pudo evaluar el cumplimiento de la normativa de calidad de aire, ya que es necesario contar con una cantidad mínima de datos de acuerdo a la normativa, y en este caso, al revisar los monitoreos por campañas cuatrimestrales no fue posible verificar el cumplimiento de la normativa de calidad de aire para Plomo y Material Particulado Respirable.
<p>FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS</p>	<p>Con la finalidad de reducir los efectos negativos producidos por la infracción, se implementarán las siguientes acciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de Informe de efectos, que incorpora una evaluación histórica de las mediciones isocinéticas, la estimación de las emisiones fugitivas, los resultados del estudio de plomo en suelo, el modelo de dispersión de plomo, donde se identifican los puntos de máximo impacto para dicho contaminante y la situación de la calidad del aire de la comuna de Calama. El cual es adjuntado al presente PdCR 03-07-24, en el Anexo 1.

2. En el proceso de evaluación ambiental del proyecto “Complemento Modulo RAM”, el cual fue desistido, se anexó un estudio de modelación de la calidad del aire, para un escenario con el funcionamiento de un segundo horno de fundición en la Planta RECIMAT, el cual arrojó que los aportes del proyecto, que duplican las emisiones actuales, en las estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire, respecto el MP10, CO y Pb en MP10, eran sustancialmente bajos. Se adjunta el **Informe modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos del Proyecto Complemento Modulo RAM**”, con los resultados de la modelación en el “**Anexo 2. Informe Emisiones y Calidad del Aire en Calama**”.
3. Los muestreos isocinéticos son realizados por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental, con vigencia en la SMA.
4. Previo al inicio de la campaña de monitoreo de calidad del aire (MP10, Pb en MP10 y CO), se notificará a la SMA la fecha programada de ejecución de la actividad, informando las acciones realizadas para solicitar el concurso de una ETFA
5. La contratación de Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental o en su defecto una empresa con experiencia, que realice la medición del componente aire, en específico, la realización del monitoreo de material particulado MP-10, concentración de plomo en MP-10 y monóxido de carbono.
6. La realización de monitoreos por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental que realice la medición del componente aire, en específico, la realización del monitoreo de material particulado MP-10, concentración de plomo en MP-10 y monóxido de carbono en los términos señalados en la Resolución de Calificación Ambiental.
7. Posteriormente a la realización de la campaña de monitoreo, se enviará el informe correspondiente, el cual incorporará un archivo en medios electrónicos con los datos crudos obtenidos.

2. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS.

2.1 METAS

Realizar por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) con autorización vigente el monitoreo de material particulado MP-10, concentración de plomo en Material Particulado y monóxido de carbono.

2.2 PLAN DE ACCIONES

2.2.1 ACCIONES PRINCIPALES EJECUTADAS

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS	IMPEDIMENTOS EVENTUALES
	(describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	(periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	(datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	(a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	(en miles de \$)	(indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)

2.2.1 ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR

Incluir todas las acciones no iniciadas por ejecutar a partir de la aprobación del Programa.

2.2.1 ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR						
Incluir todas las acciones no iniciadas por ejecutar a partir de la aprobación del Programa.						
Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS	IMPEDIMENTOS EVENTUALES
	(describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	(periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	(datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	(a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	(en miles de \$)	(indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
1	Acción	Dentro de los 3 meses siguientes de la fecha de aprobación del PdC.	Modificación de la ubicación de la estación de monitoreo de calidad del aire Escuela Kamac Mayu, en sus alrededores.	Reporte inicial	3.794	Impedimentos
	Modificar el emplazamiento de la estación de monitoreo de calidad del aire de la Escuela Kamac-Mayu en un punto representativo de dicho sector.			<ul style="list-style-type: none"> • Copia de carta enviada a responsable del sitio de instalación de estación de monitoreo. • Factura de compra e instalación de caseta para estación de monitoreo en nueva ubicación. 		No aplica.
	Forma de Implementación			Reporte de avance		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento.
	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de autorización al responsable del sitio de instalación de la estación. • Autorización del responsable del sitio de la estación. • Instalación de caseta y equipos para nueva ubicación de la estación de monitoreo de calidad del aire. 			Reporte final		No aplica.
				Informe de las acciones realizadas, reportado en la página web de Seguimiento de PdC.		

	<ul style="list-style-type: none"> • Remitir antecedentes de la nueva ubicación de la Estación de Monitoreo a la SMA. • El emplazamiento y operación de las estaciones de monitoreo será informada a la SEREMI del Medio Ambiente, Región de Antofagasta, para su eventual consideración para el monitoreo ambiental con fines de política pública. • Se observará lo establecido en la Res. Ex. N° 744, de 11 de julio de 2017, de la SMA. • Se observará la Res. Ex. N° 1449/2023, de 16 de agosto de 2023, de la SMA. 				
2	Acción			Reporte inicial	Impedimentos
	Instalación de estación de monitoreo de calidad de aire en el Instituto Teletón o sus alrededores, en la ciudad de Calama.	Dentro de los 3 meses siguientes de la fecha de aprobación del PdC.	Autorización para la instalación de estación de monitoreo de calidad del aire en el Instituto Teletón o sus alrededores, en Calama.	Copia de carta enviada a responsable del sitio de instalación de estación de monitoreo. Copia de factura de arriendo e instalación de estación y equipos.	
	Forma de Implementación			Reporte avance 0 Reporte final	Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento.

<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de autorización al responsable del sitio de instalación de la estación. • Autorización del responsable del sitio de instalación de la estación. • Traslado de la estación e instalación de equipos. • Remitir antecedentes de la nueva ubicación de la Estación de Monitoreo a la SMA. • El emplazamiento y operación de las estaciones de monitoreo será informada a la SEREMI del Medio Ambiente, Región de Antofagasta, para su eventual consideración para el monitoreo ambiental con fines de política pública. • Se observará lo establecido en la Res. Ex. N° 744, de 11/07/2017, de la SMA. • Se observará la Res. Ex. N° 1449/2023, de 16/08/2023, de la SMA. 			<p>Informe de las acciones realizadas, reportado en la página web de Seguimiento de PdC.</p>		
<p>Acción</p> <p>3 Contratar ETFA con autorización vigente para ejecutar las campañas de monitoreo continuo de calidad del aire, en las estaciones en la Escuela Kamac Mayu o sus alrededores Material particulado respirable (MP-10), concentración de plomo en MP10 (pb-MP10) y monóxido de carbono, y en el Instituto Teletón o sus alrededores MP10, pb-MP10 y CO, durante dos años continuos a partir de la instalación.</p>	<p>Dentro de los 3 meses siguientes de la fecha de aprobación del PdC.</p>	<p>Suscripción de contrato de prestación de servicios con ETFA, para la realización de las actividades de monitoreo de calidad del aire, en dos estaciones, una en los alrededores de la Escuela D-126 Kamac Mayu y la otra en los alrededores del Instituto Teletón, durante dos años continuos.</p>	<p>Reporte inicial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Envío de correo electrónico al Registro ETFA de la SMA, registroentidades@sma.gob.cl solicitando que se indique ETFA con autorización vigente para monitoreo de calidad del componente aire (MP-10, pb MP-10 y CO). <p>Reporte avance.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solicitudes de cotización a ETFAs. • Cotizaciones recibidas de ETFAs. 	<p>0¹</p>	<p>Impedimentos</p> <p>Inexistencia de ETFA o impedimento para su ejecución por alcance</p>

¹ El costo se encuentra incluido en la Acción 2.

<p>Forma de Implementación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de cotización a ETFA. • Suscripción de contrato de prestación de servicios con ETFA con autorización vigente para las campañas de monitoreo de calidad del componente aire, en las estaciones de monitoreo en los alrededores de la Escuela Kamac Mayu para MP10, MP2,5, CO y pb-MP10 y en los alrededores del Instituto Teletón para MP10 y pb-MP10, durante dos años continuos, a partir de su instalación. 			<p>Reporte final</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrato de prestación de servicios ETFA con autorización vigente, del monitoreo de MP-10, Pb en MP10 y CO. Incluyendo solicitudes de cotización del servicio de monitoreo de calidad del aire y las cotizaciones de ETFA. 		<p>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</p> <p>Proceder conforme lo estipulado en la RE 1024/2017 de la SMA.</p>
<p>Acción</p> <p>Ejecutar las campañas de monitoreos de material particulado respirable MP-10, concentración de plomo en MP-10 y monóxido de carbono, en la Estación de Monitoreo de la Escuela Kamac Mayu y en la estación de monitoreo del Instituto Teletón o sus alrededores.</p> <p>Forma de implementación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de los equipos en la estación Kamac Mayu o sus alrededores: Muestreador continuo de MP10, muestreador discreto de MP10 (High Vol.), muestreador de gases de CO. • Instalación de los equipos en la estación Teletón o sus alrededores: Muestreador discreto de MP10 (High Vol.), muestreador de gases de CO. 	<p>Dentro de los 24 meses siguientes, a partir del mes de enero de 2025, una vez aprobado el PdC.</p>	<p>Ejecución de las campañas de monitoreos continuo de material particulado respirable MP-10, concentración de plomo en MP-10 y monóxido de carbono, durante dos años consecutivos.</p>	<p>Reportes de avance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carta informando a la SMA, del inicio de ejecución del monitoreo, adjuntando los antecedentes de la empresa seleccionada y el personal responsable. • Reporte trimestral de monitoreo de calidad del aire en las dos estaciones. <p>Reporte final</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certificado de Ingreso de informes trimestrales con los resultados de monitoreos de MP-10, concentración de plomo en MP-10 y CO, adjuntando archivo con datos crudos de los monitoreos. 	<p>134.000.</p>	<p>Impedimentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • No existencia de alcances autorizados o eventual falta de cobertura de ETFA. • Situaciones de emergencias o contingencias no atribuibles a RECIMAT, que impidan realizar el monitoreo en la fecha comprometida. <p>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceder conforme lo estipulado en la RE 1024/2017 de la SMA. • Reprogramarla actividad, dentro de los 10 días hábiles siguientes, informando a la SMA, mediante correo electrónico.

	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecución del monitoreo por dos años continuos. • Análisis de los datos y preparación de Informes Trimestrales de Avance. • Análisis de los datos y preparación de Informe Final. • Ingreso de Informe Final con los resultados y análisis de los monitoreos de MP10, concentración de plomo en MP-10 y monóxido de carbono en la estación de la escuela D-126 o sus alrededores y, MP10 y pb-MP10 en la estación del Instituto Teletón o sus alrededores, al sistema de seguimiento ambiental de la SMA disponible en su sitio web. 			<ul style="list-style-type: none"> • Informe final con el resultado de los monitoreos de los dos años consecutivos, dentro de los cuatro meses siguientes de concluido el monitoreo. 		
5	Acción	Dentro de los 03 meses siguientes de la fecha de aprobación del PdC.	Elaboración de protocolo de suspensión de funcionamiento ante la generación de eventos que superen los valores definidos de normas de calidad y emisión, para los contaminantes definidos, y el reporte de los eventos generados.	Reporte avance	0 ²	Impedimentos
	Elaborar protocolo de suspensión de funcionamiento ante eventos de superación de normas de calidad del aire, emisiones de MP y normas referenciales de plomo en suelo, y la implementación de medidas correctivas.			<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta de Protocolo de suspensión de funcionamiento. • Copia de reporte dentro de las 24 horas en el marco de la RE N° 885/2016 de la SMA. 		
	Forma de Implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de protocolo de suspensión de operaciones: <ul style="list-style-type: none"> ○ Normas de emisión y calidad que definen los potenciales eventos de superación. 			<ul style="list-style-type: none"> • Informe final con la totalidad de eventos y/o valores registrados en los años 2024 y 2025. 		
6	Acción	Dentro de los 24 meses siguientes de la fecha de aprobación del PdC.	Implementación de las acciones y/o medidas constructivas u operativas, que aseguren el	Reporte inicial	420.000.	Impedimentos
	Incorporar acciones y/o medidas, constructivas u operativas, que aseguren el confinamiento de los gases fugitivos			<ul style="list-style-type: none"> • Informe de medidas y/o acciones implementadas. 		<ul style="list-style-type: none"> •

² El costo se encuentra incluido en la Acción 2.

<p>emanados del horno rotativo y su campana</p>		<p>confinamiento de los gases fugitivos emanados del horno rotativo y su campana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Informe de cotizaciones y/o facturas de trabajos realizados. Plan de implementación de acciones y/o medidas. 		
<p>Forma de Implementación</p>			<p>Reporte avance.</p> <ul style="list-style-type: none"> Informe diagnóstico del horno rotativo y su campana, respecto a su confinamiento. Reporte de avance trimestral del plan de implementación, que incluirá set fotográfico fechado y georreferenciado. 		<p>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</p>
<ul style="list-style-type: none"> Informe de medidas y/o acciones ya ejecutadas. Informe diagnóstico del horno rotativo y su campana, respecto a confinamiento. Elaboración de plan de implementación de acciones y/o medidas correctivas. Ejecutar medidas incorporadas en el Plan. Reportar el avance del plan de implementación. 			<p>Reporte final</p>		<ul style="list-style-type: none">
			<p>Informe final de la implementación de las medidas y/o acciones desarrolladas.</p>		

2.2.4 ACCIONES ALTERNATIVAS

Incluir todas las acciones que deban ser realizadas en caso de ocurrencia de un impedimento que imposibilite la ejecución de una acción principal.

	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA	PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS	
N°	(describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	N° Identificador	(a partir de la ocurrencia del impedimento)	(datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de	(a informar en Reporte Inicial, Reporte de Avance y Reporte Final respectivamente)	(en miles de \$)	

				las acciones y metas definidas)			
	Acción				Reporte Inicial		
	Ejecución de las actividades de muestreo, análisis y/o medición mediante: a) Entidad autorizada por un organismo de la Administración del Estado; b) Entidad acreditada por el Instituto Nacional de Normalización; c) Si no es posible contar con una ETFA o alguna empresa acreditada por el INN y/o por algún Organismo de la Administración del Estado, se realizará la medición por una empresa con experiencia en la realización de dicha Actividad.				Remitir reporte con las respuestas del INN y/o OAEs respecto de entidades acreditadas, certificadas o autorizadas para realizar monitoreo de calidad del aire.		
	Forma de implementación				Reporte final		
7	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar al INN y Órganos de la Administración del Estado (OAEs), de entidades autorizadas certificadas o acreditadas que realicen el monitoreo de calidad del aire. • Requerir cotizaciones a entidades con acreditación del INN o OAEs, o con experiencia acreditada, para la ejecución del monitoreo. • En caso de que no sea posible contar con una ETFA o alguna empresa acreditada por el INN y/o autorizada por algún OAE, se contratará a empresa con experiencia para la realización de dicha actividad, circunstancia que debe ser acreditada e informada a la SMA. 	5	Dentro de los 3 meses siguientes.	Contratación de empresa acreditada por el INN, autorizada por algún OAE, o con experiencia para la realización de las actividades de muestreo, análisis y/o medición	Reporte de la acreditación de la experiencia adjudicada para la realización de los monitoreos. Remitir copia de contrato de adjudicación de entidad para la realización de la campaña de monitoreo, incluyendo reporte con las cotizaciones allegadas de entidades.	0	

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS	
IDENTIFICADOR DEL HECHO	2
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	No haber remitido los resultados asociados al programa de muestreos de suelo en sectores aledaños a su emplazamiento desde el 2017 a la fecha.
NORMATIVA PERTINENTE	<u>Adenda N° 1 de la RCA N° 125/2004- Recicladora y refinadora de residuos mineros y metales no ferrosos.</u> “En los capítulos 5 y 7 de la DIA original se presentaron los antecedentes para determinar que el proyecto no requiere presentar un Estudio de Impacto Ambiental. En la siguiente tabla, se presenta en detalle el artículo 6 del Reglamento con sus respectivas consideraciones y evaluaciones correspondientes: [...] El proyecto, adicionalmente a su monitoreo de calidad del aire, realizará voluntariamente un programa de muestreo de suelos en sectores aledaños que incorpora caracterización para plomo. Se tomará como referencia la norma Suiza para suelo que establece una cantidad máxima de 300 mg/Kg de plomo.
DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS	En conclusión, con ocasión de la presente infracción no se advierten efectos negativos sobre la componente suelo que impliquen una afectación para la salud de la población y el medio ambiente, y en las zonas aledañas a las instalaciones de la planta.
FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS	Los efectos se eliminan con la fijación de un programa de muestreo de suelos en sectores aledaños que incorpora caracterización para plomo y con la entrega de un informe por Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental, producto del programa de muestreo de suelos en sectores aledaños que incorpora caracterización para plomo. Además, se ingresó a la SMA Estudio Evaluación de Riesgo Toxicológico y Medioambiental para plomo en suelos, en zona urbana de la ciudad de Calama, encargado a la toxicóloga Dra. Laura Borgel (2017), cuyos resultados y conclusiones se encuentran bajo los valores de normas internacionales.
2. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS	
2.1 METAS	
La meta es dar cumplimiento íntegro al compromiso estipulado en la Adenda N° 1, RCA N° 125/2004 mediante la realización y entrega de un programa de muestreo de suelos en sectores aledaños que incorpore la caracterización para plomo.	
2.2 PLAN DE ACCIONES	
2.2.1 ACCIONES EJECUTADAS	
Incluir todas las acciones cuya ejecución ya finalizó o finalizará antes de la aprobación del Programa.	

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN (fechas precisas de inicio y de término)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)
8	<p>Acción</p> <p>Remitido a la SMA el estudio de plomo en suelo en la comuna de Calama, realizado en 2017 por la Médica Toxicóloga Dra. Laura Borgel, solicitado por RECIMAT.</p> <p>Forma de Implementación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingreso de Informe a la página WEB de la SMA. 	Marzo – Noviembre 2017.	Envío del estudio de plomo de suelo al Sistema de Seguimiento Ambiental de la SMA y comprobante de recepción en Anexo 2.	<p>Reporte Inicial</p> <p>Certificado de ingreso de Informe a Plataforma de Seguimiento de la SMA.</p> <p>Reporte avance</p> <p>No aplica</p> <p>Reporte final</p> <p>No aplica.</p>	55.000
9	<p>Acción</p> <p>Realizar un estudio de plomo en suelo, ejecutado por ETFA, en los alrededores de la planta en la comuna de Calama en sectores aledaños que incorpora caracterización para plomo estudios de suelo.</p> <p>Forma de Implementación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingreso de Informe a la página WEB de la SMA. 	Diciembre 2021.	Envío del estudio de plomo de suelo, ejecutado por ETFA, al Sistema de Seguimiento Ambiental de la SMA y comprobante de recepción en Anexo 2.	<p>Reporte Inicial</p> <p>Ingresar informes de muestreo y análisis de plomo en suelo en la plataforma de seguimiento del PdC (Spdc) de la SMA.</p> <p>Reporte avance</p> <p>No aplica</p>	\$3.300
<p>2.2.2. ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR</p> <p>Incluir todas las acciones no iniciadas por ejecutar a partir de la aprobación del Programa.</p>					

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS	IMPEDIMENTOS EVENTUALES
	(describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	(periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	(datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	(a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	(en miles de \$)	(indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
10	Acción	Dentro de los 3 meses siguientes de la fecha de aprobación del PdC.	Suscripción de contrato de prestación de servicios con ETFA, para la realización de las actividades de campañas semestrales de muestreo y análisis de plomo en suelo, durante los años 2023 y 2024.	Reporte inicial	0 ³	Impedimentos
	Contratar ETFA con autorización vigente para ejecutar las campañas de muestreo y análisis de plomo en suelo en los puntos de máximo impacto, circundantes a la Planta RECIMAT en Calama, durante dos años (año 2023 y 2024).			Envío de correo electrónico al Registro ETFA de la SMA, registroentidades@sma.go.b.cl solicitando que se indique ETFA con autorización vigente para muestreo y análisis de plomo en suelo.		Inexistencia de ETFA o impedimento para su ejecución por alcance
	Forma de Implementación			Reporte avance		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	<ul style="list-style-type: none"> Suscripción de contrato de prestación de servicios con ETFA con autorización vigente para las campañas de muestreo y análisis de plomo en suelo. Ingreso de contrato a sistema de seguimiento de PdC (Spdc) de la SMA. 			Reporte final <ul style="list-style-type: none"> Solicitudes de cotización a ETFAs. Cotizaciones recibidas de ETFAs. Contrato de prestación de servicios ETFA con autorización vigente, del muestreo y análisis de plomo en suelo. 		Proceder conforme lo estipulado en la RE 1024/2017 de la SMA.
11	Acción		Realización del estudio de muestro y análisis de plomo en suelos, en los puntos	Reportes de avance		Impedimentos

³ El costo se encuentra incluido en la Acción 2.

<p>Realizar un estudio de plomo en suelo en los puntos de máximo impacto, en los alrededores de la planta RECIMAT en la comuna de Calama.</p>		<p>de máximo impacto aledaños a la planta RECIMAT en Calama, con frecuencia semestral</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Envío de carta informando fecha de ejecución del programa de muestreo y metodología a utilizar. • Envío de propuesta metodológica de programa de muestreo de suelo, incluyendo solicitudes de cotización realizadas, cotizaciones recibidas. • Estados de pago de avances del consultor, con copia de las respectivas facturas. • Envío de reportes por muestreo realizado. 	<p>\$ 10.000</p>	<p>Inexistencia de ETFA o impedimento para su ejecución por alcance.</p>
<p>Forma de Implementación</p>	<p>Dentro de los <u>27</u> meses de aprobado el PdC.</p>		<p>Reporte final</p>		<p>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Recepción de plan de muestreo y metodología de muestreo de empresa ETFA, con los resultados obtenidos. • Trabajo de terreno de toma de muestras en zona circundante a planta RECIMAT Calama. Para tales efectos, se considerará como mínimo la distribución de los puntos de medición en los puntos de máximo impacto definido en el Informe de Modelación de Calidad del Aire para plomo. • Análisis de muestras, preparación de informe final. • Entrega de informe final subido al sistema SMA. • Frecuencia semestral de la medición. 			<ul style="list-style-type: none"> • Envío Informe de Programa de Muestreo y Análisis de plomo en Suelo, con certificaciones de muestreo y análisis realizado por ETFA, subido a la plataforma de la SMA. 		<p>Proceder conforme lo estipulado en la RE 1024/2017 de la SMA.</p>

2.2.2. ACCIONES ALTERNATIVAS.

Incluir todas las acciones que deban ser realizadas en caso de ocurrencia de un impedimento que imposibilite la ejecución de una acción principal.

N° IDENTIFICADOR	• DESCRIPCIÓN	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA	PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)
	(describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	(N° Identificador)	(a partir de la ocurrencia del impedimento)	(datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	(a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	
12	Acción	10	Dentro de los 3 meses siguientes.	Contratación de empresa acreditada por el INN, autorizada por algún OAE, o con experiencia para la realización de las actividades de muestreo, análisis y/o medición.	Reporte Avance	0
	Ejecución de las actividades de muestreo, análisis y/o medición mediante: a) Entidad autorizada por un organismo de la Administración del Estado; b) Entidad acreditada por el Instituto Nacional de Normalización; c) Si no es posible contar con una ETFA o alguna empresa acreditada por el INN y/o por algún Organismo de la Administración del Estado, se realizará la medición por una empresa con experiencia en la realización de dicha Actividad.					
	Forma de implementación				Reporte final	
	<ul style="list-style-type: none"> Solicitar al INN y Órganos de la Administración del Estado (OAEs), de entidades autorizadas certificadas o acreditadas que realicen el monitoreo de calidad del aire. Requerir cotizaciones a entidades con acreditación del INN o OAEs, o con experiencia acreditada, para la ejecución del monitoreo. 				Reporte de la acreditación de la experiencia adjudicada para la realización de los monitoreos. Remitir copia de contrato de adjudicación de entidad para la realización de la campaña de monitoreo, incluyendo reporte con las	

<ul style="list-style-type: none">• En caso de que no sea posible contar con una ETFA o alguna empresa acreditada por el INN y/o autorizada por algún OAE, se contratará a empresa con experiencia para la realización de dicha actividad, circunstancia que debe ser acreditada e informada a la SMA.		cotizaciones allegadas de entidades.	
--	--	--------------------------------------	--

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS

IDENTIFICADOR DEL HECHO	3
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	<p>Deficiencias en la infraestructura de almacenamiento, toda vez que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No se cuenta con bodegas de almacenamiento de sustancias peligrosas ni de lubricantes. 2. Las canaletas superficiales del patio de almacenamiento, conducentes al pretil de contención, se encontraban sin la protección de rejillas al momento de realizarse la fiscalización en 2017, por la SEREMI de Salud.
NORMATIVA PERTINENTE	<p>RCA N° 125/2004, Considerando 3.9. Almacenamiento de insumos y materias primas.</p> <p>a. Bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas:</p> <p>De acuerdo a lo mencionando, el proyecto no considera bodegas propias. Para efectos de almacenamiento de sustancias peligrosas se utilizarán las existentes en Inppamet Ltda. Este sector considera un área aproximada de 204 m², en la que se dispondrán los insumos caracterizados como peligrosos (Anexo 5) Principalmente se utilizará para almacenar óxido de plomo, sales, ceniza de soda, soda cáustica, ácido bórico y ácido fluorhídrico. Se ha considerado la segregación de estos productos mediante un antepecho de hormigón de 1,5 metros de altura, proyectándose hasta altura de cubierta con estructura metálica forrada en zinc, lo que determina un paramento divisorio opaco y a la vez seguro. Para el caso del almacenamiento del ácido fluorhídrico se consideró un muro de hormigón en su totalidad.</p> <p>Debido a que el ácido fluorhídrico normalmente se almacenará en estado líquido, se consideró en este sector, la construcción de una canaleta de contingencia para recepción y canalización de posibles derrames. Esta canaleta será de 20 cm de ancho y abarcará los 8 metros lineales correspondientes a la totalidad del frente de este sector. Contará con una pendiente del 1% y estará conectada a un estanque de PVC de 2 m³ para la acumulación de los posibles derrames de ácido fluorhídrico. Para mayor seguridad y considerando la mejor opción para labores de limpieza, este estanque se localizará al exterior de la bodega. Dentro del sector de almacenamiento de sustancias peligrosas, se ha considerado la instalación de una ducha de emergencia y sistema lavaojos, la que también contará con una cámara externa de recepción de soluciones. [...]</p> <p>c. Bodega General.</p> <p>Al igual que en los puntos anteriores, y debido a que el proyecto no considera la construcción de una bodega propia, se utilizarán las instalaciones pertenecientes a otra empresa del grupo Inppamet, localizada en forma contigua (Inppamet Ltda.). Esta bodega corresponde al área de almacenamiento de insumos caracterizados como no peligrosos, contando con una superficie total aproximada de 305 m² (Anexo 5). Se dispondrán una serie de racks de estantes para el almacenamiento de los diferentes materiales en forma ordenada.</p> <p>RCA N° 121/2004, Considerando 5.7.1. El área de almacenamiento de insumos y materias primas contará con seis subáreas, las cuales son las siguientes:</p> <p>a. Bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas:</p>

	<p>Este sector considera un área aproximada de 204 m², en la que se dispondrán los insumos caracterizados como peligrosos (Anexo 4 de la DIA). Principalmente se utilizará para almacenar óxido de plomo, sales, ceniza de soda, soda cáustica, ácido bórico y ácido fluorhídrico. Se ha considerado la segregación de estos productos mediante un antepecho de hormigón de 1,5 metros de altura, proyectándose hasta altura de cubierta con estructura metálica forrada en zinc, lo que determina un paramento divisorio opaco y a la vez seguro. Para el caso del almacenamiento del ácido fluorhídrico se consideró un muro de hormigón en su totalidad. Debido a que el ácido fluorhídrico normalmente se almacenará en estado líquido, se consideró en este sector, la construcción de una canaleta de contingencia para recepción y canalización de posibles derrames. Esta canaleta será de 20 cm de ancho y abarcará los 8 metros lineales correspondientes a la totalidad del frente de este sector. Contará con una pendiente del 1% y estará conectada a un estanque de PVC de 2 m³ para la acumulación de los posibles derrames de ácido fluorhídrico. Para mayor seguridad y considerando la mejor opción para labores de limpieza, este estanque se localizará al exterior de la bodega. Dentro del sector de almacenamiento de sustancias peligrosas, se ha considerado la instalación de una ducha de emergencia y sistema lavajos, la que también contará con una cámara externa de recepción de soluciones. [...]</p> <p>b. Bodega de almacenamiento de lubricantes</p> <p>En el extremo opuesto al sector de almacenamiento de sustancias peligrosas, se dispondrá de un sector para el almacenamiento de lubricantes con un área aproximada de 50 m² (Anexo 4 de la DIA). Este sector contará con un sistema de contingencia para captar y canalizar eventuales derrames de hidrocarburos, el que será totalmente independiente al sistema de captación de soluciones ácidas. Este sistema considera una canaleta de recepción, conectada a una cámara externa de acumulación de 4, 5 m³.</p> <p>RCA N° 104/2007, Cons.3.1.5.3 Patio de almacenamiento.</p> <p>Tal como el Titular almacena en la actualidad los drosses, borras anódicas, scraps y ánodos usados de plomo, las baterías se almacenarán en el patio de almacenamiento, con posterioridad a su recepción y registro en una romana de pesaje ubicada en el patio de descarga. Una vez ingresadas, serán dispuestas temporalmente en un sector de almacenamiento en tránsito, destinado exclusivamente para tales fines.</p> <p>Las baterías serán almacenadas en dicho sector, dentro de contenedores metálicos de 40 pies de largo, diseñados y destinados exclusivamente para el transporte y almacenamiento temporal de estos residuos.</p> <p>El patio de almacenamiento en tránsito de los residuos de plomo, abarca un área aproximada de 2.100 m², la cual está impermeabilizada con un radier de concreto H30 de 20 cm de espesor y aislada del sello de excavación por un film de geotextil y una geomembrana de HDPE de al menos 1,5 mm de espesor, conducente a los respectivos pretilos de contención de las posibles infiltraciones. Además posee canaletas superficiales, protegidas con rejillas metálicas, conducentes al mismo pretil.</p>
<p>DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS</p>	<p>En nuestra consideración no existen efectos negativos a causa de la infracción, ya que las canaletas detectadas sin rejillas, correspondieron a la primera barrera para evitar que derrames de sustancias peligrosas se desplacen fuera de las instalaciones, y de ocurrir, la planta cuenta con un sistema adicional de contención de derrames que ofrece una segunda barrera para evitar que los derrames salgan de la propiedad, limitando la afectación solo a las instalaciones de la planta. La misma situación respecto a la falta de sitio para el almacenamiento de sustancias peligrosas y lubricantes. En el “Anexo 3.1. Instalaciones manejo de aguas de lavado de piso y eventuales derrames” adjunto al presente PdC Refundido, se incluye un plano de las instalaciones y procedimientos ante la ocurrencia de este tipo de contingencias, que incluye las canaletas existentes en el Área Patio Almacenamiento de Residuos (color azul en Plano “Diagrama de Canaletas RECIMAT” adjunto en Anexo 3) y la canaleta de respaldo, que transportan aguas de lavado de pisos industriales y los eventuales derrames a la planta de tratamiento de RILes (color rojo en plano “Diagrama de Canaletas RECIMAT” adjunto en Anexo 3).</p>

	<p>En conclusión, con ocasión de la presente infracción no se advierten efectos negativos sobre la componente suelo y recursos hídricos, que impliquen una afectación para la salud de la población y el medio ambiente, y en las zonas aledañas a las instalaciones de la planta.</p>
<p>FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS</p>	<p><u>Bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas:</u> En relación a la eventual falta de una bodega de sustancias peligrosas, los eventuales efectos en el ambiente se eliminarán mediante la habilitación de una “bodega de sustancias peligrosas”, debidamente autorizada por la SEREMI de Salud, según se explicará.</p> <p><u>Bodegas de almacenamiento de lubricantes:</u> Se habilitará la bodega conforme lo establecido en la RCA 121/2004, para el almacenamiento de lubricantes.</p> <p><u>Rejillas en canaletas:</u> Se instalarán aproximadamente 261 m lineales de rejillas de acero al carbono y 62 m lineales de canaletas que estarán fabricadas con material de Acero Inoxidable. Se realizará un programa de inspección mensual y un programa de mantención semestral del estado de las rejillas en las canaletas superficiales del patio de almacenamiento, conducentes al pretil de contención.</p>

2. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS

2.1 METAS

La meta es dar íntegro cumplimiento a la normativa que se acusa incumplida, mediante:

1. Instalación de una bodega específica para sustancias peligrosas que cuente con autorización de la SEREMI de Salud
2. Habilitación de bodega para el almacenamiento de lubricantes.
3. Instalación de las rejillas en las canaletas superficiales del patio de almacenamiento y construcción de canaletas faltantes, conducentes al pretil de contención.

2.2 PLAN DE ACCIONES

2.2.1 ACCIONES EJECUTADAS

Incluir todas las acciones que han iniciado su ejecución o se iniciarán antes de la aprobación del Programa.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	FECHA DE INICIO Y PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS	IMPEDIMENTOS EVENTUALES
	<p>(describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)</p>	<p>(fecha precisa de inicio para acciones ya iniciadas y fecha estimada para las próximas a iniciarse, y plazo de ejecución)</p>	<p>(datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)</p>	<p>(a informar en Reporte Inicial, Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)</p>	<p>(en miles de \$)</p>	<p>(indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia).</p>

13	Acción	Octubre 2021	Habilitación de Bodega de SUSPEL, en los términos de la RCA 228/2014 y pertinencia ambiental 476/2017.	Reporte Inicial	133.129	Impedimentos
	Habilitación de bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas.			<ul style="list-style-type: none"> • Resolución de autorización sanitaria de Bodega SUSPEL. • Set fotográfico fechado y georreferenciado de la habilitación de la bodega de SUSPEL. 		
	Forma de Implementación			Reportes de avance		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	1.- Construcción de bodega SUSPEL. 2.- Obtener autorización sanitaria para construir y operar bodega de SUSPEL.			Reporte final		

14	Acción	Abril 2022.	Rejillas y canaletas instaladas y operativas en el Patio de Almacenamiento de Residuos (PAR), en conformidad al Considerando 3.1.5.3 Patio de almacenamiento de la RCA N° 104/2007.	Reporte inicial	10.000	Impedimentos
	Forma de Implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	<p>Instalación y mantención de las rejillas en las canaletas superficiales del patio de almacenamiento de Residuos, y habilitación de canaletas para completar el área, conducentes al pretil de contención.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rejillas instaladas Galpón 1: Se instalarán aprox. 127 m lineales de rejillas de acero al carbono, en el perímetro del Galpón 1 del PAR, las cuales son seccionadas modularmente en módulos de 3 metros de largo x 270 mm de ancho, en un plazo de tres meses a partir de la aprobación del PdC. • Canaletas habilitadas Galpón 2: Se instalarán aprox. 62 m lineales de canaletas, en el sector sur y este del Galpón 2 del PAR, que estarán fabricadas con material de Acero Inoxidable de 250 mm de Ancho, 110 mm. de alto y de un espesor de 3 mm, dentro de los 4 meses a partir de la aprobación del PdC, en un plazo de 6 meses a partir de la aprobación del PdC. 			<ul style="list-style-type: none"> • Informe Instalación de: Rejillas en las canaletas superficiales del galpón 1 del patio de almacenamiento, debidamente referenciado en el Layout (mes 3); Canaletas superficiales del galpón 2 del patio de almacenamiento, debidamente referenciado en el Layout (mes 6), y Rejillas en las canaletas superficiales del galpón 2 del patio de almacenamiento, debidamente referenciado en el Layout. • Informe de reportes semestrales de las inspecciones mensuales y mantenciones. 		

	<ul style="list-style-type: none"> • Rejillas instaladas Galpón 2. Se instalarán aprox. 134 m lineales de rejillas de acero al carbono, en el perímetro del Galpón 2 del PAR, las cuales son seccionadas modularmente en módulos de 3 metros de largo x 270 mm de ancho, en un plazo de tres meses a partir de la aprobación del PdC. <p>Programa de inspección mensual con informes semestrales. Programa de mantención semestral: Limpieza de las canaletas, reparación y/o reemplazo de las rejillas en mal estado.</p>					
15	Acción	Julio 2021	Habilitación de bodega de almacenamiento de lubricantes conforme lo estipulado en la RCA 121/2004.	Reporte inicial	3.500	Impedimentos
	Habilitación de bodega de almacenamiento de lubricantes.			<ul style="list-style-type: none"> • Informe de la habilitación de la bodega, adjuntando set fotográfico fechado y georreferenciado que da cuenta de la habilitación de las instalaciones. • Facturas de trabajo realizado. 		
	Forma de Implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	<ul style="list-style-type: none"> • Normalizar el estándar de la bodega según lo dispuesto en el literal b) del considerando 5.7.1 de la RCA 121/2004. • Iniciar operación de la bodega. 					

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS

IDENTIFICADOR DEL HECHO	3
NORMATIVA PERTINENTE	Resolución 166/2018 de la SMA.

2. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS

2.1 METAS

Informar a la Superintendencia del Medio Ambiente, los reportes y medios de verificación que acrediten la ejecución de las acciones comprometidas en el PdC a través de los sistemas digitales que la SMA disponga al efecto para implementar el SPDC

2.2 PLAN DE ACCIONES

2.2.1 ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR

Incluir todas las acciones no iniciadas por ejecutar a partir de la aprobación del Programa.

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS	IMPEDIMENTOS EVENTUALES
	(describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	(periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones).	(datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	(a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	(en miles de \$)	(indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)

16	Acción	<p>Dentro del plazo y según la frecuencia establecida en la resolución que apruebe el PdC, se accederá al sistema digital que la SMA disponga al efecto para implementar el SPDC y se cargará el PdC y la información relativa al reporte inicial, los reportes de avance o el informe final de cumplimiento, según se corresponda con las acciones reportadas, así como los medios de verificación para acreditar el cumplimiento de las acciones comprometidas.</p>	No aplica.	Reportes de avance	0	Impedimentos
	Forma de implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	<p>Ingreso de la reportabilidad de cada una de las acciones aprobadas en el PdC.</p>			No aplica.		<p>Se considerarán como tales, los problemas exclusivamente técnicos que pudieren afectar el funcionamiento del sistema digital en el que se implemente el SPDC, y que impidan la correcta y oportuna entrega de los documentos correspondientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico, señalando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en el sistema digital en el que se implemente el SPDC, remitiendo comprobante de error o cualquier otro medio de prueba que acredite dicha situación. • En caso de impedimentos, la entrega de los reportes y medios de verificación se hará a través de Oficina de Partes de la SMA.

3. PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS

3.1 REPORTE INICIAL

REPORTE ÚNICO DE ACCIONES EJECUTADAS Y EN EJECUCIÓN.

PLAZO DEL REPORTE	15	Días hábiles desde de la notificación de la aprobación del Programa.
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción a reportar
	1	<ul style="list-style-type: none"> Copia de carta enviada a responsable del sitio de instalación de estación de monitoreo Factura de compra e instalación de caseta para estación de monitoreo en nueva ubicación.
	2	<ul style="list-style-type: none"> Copia de carta enviada a responsable del sitio de instalación de estación de monitoreo. Copia de factura de arriendo e instalación de estación y equipos.
	3	Envío de correo electrónico al Registro ETFA de la SMA, registroentidades@sma.gob.cl solicitando que se indique ETFA con autorización vigente para monitoreo de calidad del componente aire (MP-10, pb MP-10 y CO).
	6	<ul style="list-style-type: none"> Informe de medidas y/o acciones implementadas. Informe de cotizaciones y/o facturas de trabajos realizados. Plan de implementación de acciones y/o medidas.
	7	Remitir reporte con las respuestas del INN y/o OAEs respecto de entidades acreditadas, certificadas o autorizadas para realizar monitoreo de calidad del aire.
	8	Certificado de ingreso de Informe a Plataforma de Seguimiento de la SMA.
	9	Ingresar informes de muestreo y análisis de plomo en suelo en la plataforma de seguimiento del PdC (Spdc) de la SMA.
	10	Envío de correo electrónico al Registro ETFA de la SMA, registroentidades@sma.gob.cl solicitando que se indique ETFA con autorización vigente para muestreo y análisis de plomo en suelo.
	13	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de autorización sanitaria de Bodega SUSPEL. Set fotográfico fechado y georreferenciado de la habilitación de la bodega de SUSPEL. Informe de cotizaciones y/o facturas de trabajos realizados.
	14	<ul style="list-style-type: none"> Informe Instalación de: Rejillas en las canaletas superficiales del galpón 1 del patio de almacenamiento, debidamente referenciado en el Layout (mes 3); Canaletas superficiales del galpón 2 del patio de almacenamiento, debidamente referenciado en el Layout (mes 6), y Rejillas en las canaletas superficiales del galpón 2 del patio de almacenamiento, debidamente referenciado en el Layout. Informe de reportes semestrales de las inspecciones mensuales y mantenciones.
	15	<ul style="list-style-type: none"> Informe de la habilitación de la bodega, adjuntando set fotográfico fechado y georreferenciado que da cuenta de la habilitación de las instalaciones.

		<ul style="list-style-type: none"> Informe de cotizaciones y/o facturas de trabajo realizado. 	
3.2 REPORTES DE AVANCE			
REPORTE DE ACCIONES EN EJECUCIÓN Y POR EJECUTAR.			
TANTOS REPORTES COMO SE REQUIERAN DE ACUERDO A LAS CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES REPORTADAS Y SU DURACIÓN			
PERIODICIDAD DEL REPORTE (Indicar periodicidad con una cruz)	Semanal		<p>A partir de la notificación de aprobación del Programa. Los reportes serán remitidos a la SMA en la fecha límite definida por la frecuencia señalada. Estos reportes incluirán la información hasta una determinada fecha de corte comprendida dentro del periodo a reportar.</p>
	Bimensual (quincenal)		
	Mensual		
	Bimestral		
	Trimestral	X	
	Semestral		
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción a reportar	
	3	<ul style="list-style-type: none"> Solicitudes de cotización a ETFAs. Cotizaciones recibidas de ETFAs. 	
	4	<ul style="list-style-type: none"> Carta informando a la SMA, del inicio de ejecución del monitoreo, adjuntando los antecedentes de la empresa seleccionada y el personal responsable. Reporte de monitoreo de calidad del aire en las estaciones, del 1er, 2do, 3er y 4to trimestre del año 2024, y del 1er, 2do, 3er y 4to, del año 2024. 	
	5	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta de Protocolo de suspensión de funcionamiento. Copia de reporte dentro de las 24 horas en el marco de la RE N° 885/2016 de la SMA. 	
	6	<ul style="list-style-type: none"> Informe diagnóstico del horno rotativo y su campana, respecto a su confinamiento. Reporte de avance trimestral del plan de implementación, que incluirá set fotográfico fechado y georreferenciado. 	
	11	<ul style="list-style-type: none"> Envío de carta informando fecha de ejecución del programa de muestreo y metodología a utilizar. Envío de propuesta metodológica de programa de muestreo de suelo, incluyendo solicitudes de cotización realizadas, cotizaciones recibidas. Estados de pago de avances del consultor, con copia de las respectivas facturas. Envío de reportes por muestreo realizado. 	
3.3 REPORTE FINAL			
REPORTE ÚNICO AL FINALIZAR LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.			

PLAZO DE TÉRMINO DEL PROGRAMA CON ENTREGA DEL REPORTE FINAL	20	Días hábiles a partir de la finalización de la acción de más larga data.
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)No	N° Identificador	Acción a reportar
	1	<ul style="list-style-type: none"> Informe de las acciones realizadas, reportado en la página web de Seguimiento de PdC.
	2	<ul style="list-style-type: none"> Informe de las acciones realizadas, reportado en la página web de Seguimiento de PdC.
	3	<ul style="list-style-type: none"> Contrato de prestación de servicios ETFA con autorización vigente, del monitoreo de MP-10, Pb en MP10 y CO. Incluyendo solicitudes de cotización del servicio de monitoreo de calidad del aire y las cotizaciones de ETFA.
	4	<ul style="list-style-type: none"> Certificado de Ingreso de informes trimestrales con los resultados de monitoreos de MP-10, concentración de plomo en MP-10 y CO, adjuntando archivo con datos crudos de los monitoreos. Informe final con el resultado de los monitoreos de los dos años consecutivos, dentro de los tres meses siguientes de concluido el monitoreo.
	5	<ul style="list-style-type: none"> Informe final con la totalidad de eventos y/o valores registrados en los años 2024 y 2025.
	6	<ul style="list-style-type: none"> Informe final de la implementación de las medidas y/o acciones desarrolladas.
	7	<ul style="list-style-type: none"> Reporte de la acreditación de la experiencia adjudicada para la realización de los monitoreos. Remitir copia de contrato de adjudicación de entidad para la realización de la campaña de monitoreo, incluyendo reporte con las cotizaciones allegadas de entidades.
	8	<ul style="list-style-type: none"> No aplica
	9	<ul style="list-style-type: none"> No aplica
	10	<ul style="list-style-type: none"> Solicitudes de cotización a ETFAs. Cotizaciones recibidas de ETFAs. Contrato de prestación de servicios ETFA con autorización vigente, del muestreo y análisis de plomo en suelo.
	11	<ul style="list-style-type: none"> Envío Informe de Programa de Muestreo y Análisis de plomo en Suelo, con certificaciones de muestreo y análisis realizado por ETFA, subido a la plataforma de la SMA.
	12	<ul style="list-style-type: none"> Reporte de la acreditación de la experiencia adjudicada para la realización de los monitoreos. Remitir copia de contrato de adjudicación de entidad para la realización de la campaña de monitoreo, incluyendo reporte con las cotizaciones allegadas de entidades.
	13	<ul style="list-style-type: none"> No aplica.
14	<ul style="list-style-type: none"> No aplica. 	

	15	<ul style="list-style-type: none">• No aplica.
	16	No aplica

4. CRONOGRAMA																															
EJECUCIÓN ACCIONES		En Meses		Desde la aprobación del programa de cumplimiento																											
Nº Identificador de la Acción		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	X	X	X																												
2	X	X	X																												
3	X	X	X																												
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
5	X	X	X																												
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
7	X	X	X																												
8																															
9																															
10	X	X	X																												
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
12	X	X	X																												
13																															
14																															
15																															
ENTREGA REPORTES		En Meses		Desde la aprobación del programa de cumplimiento.																											
Reporte		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Reporte de avance			X																												
Reporte de avance						X																									
Reporte de avance								X																							
Reporte de avance										X																					
Reporte de avance												X																			
Reporte de avance																X															
Reporte de avance																							X								
Reporte de avance																												X			
Reporte Final																															X



**ANEXO 1. INFORME DE EFECTOS EVALUACIÓN
HISTORICA: EMISIONES, CALIDAD DEL AIRE Y
PLOMO EN SUELO.**

**PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO REFUNDIDO 03-07-
24 PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO D-031-2020.
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE.**

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop followed by a horizontal stroke and a vertical stroke.

A handwritten signature in black ink, featuring a large, flowing initial 'I' followed by several loops and a final horizontal stroke.

Elaborado:	Revisado y Aprobado:
Alberto Acuña Cerda	Ivo Ivcevic Gómez
Ingeniero Senior Medio Ambiente	Gerente Medio Ambiente
28-06-2024	03-07-24

**Versión 1
03 julio 2024**

INDICE

1	EMISIONES ATMOSFERICAS RECIMAT.	1
1.1	ANTECEDENTES FUENTES EMISORAS.	1
1.2	ESTIMACIÓN OPERACIÓN DE LA PLANTA RECIMAT.	2
1.3	ESTIMACIÓN EMISIONES DE MP.	2
1.3.1	<i>Resumen resultados muestreos isocinéticos.</i>	2
1.3.1.1	Chimenea 1.	2
1.3.1.2	Chimenea 2.	3
1.4	ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO (MP) FUENTES FIJAS.	4
1.4.1	<i>Emisiones históricas.</i>	5
1.4.2	<i>Emisión MP tres últimos años.</i>	5
1.5	ESTIMACIÓN DE EMISIONES MP FUENTES FUGITIVAS.	7
1.5.1	<i>Antecedentes preliminares.</i>	7
1.5.2	<i>Estimación de emisiones fugitivas (EEF).</i>	7
1.6	RESUMEN EMISIONES DE MP Y MP10.	8
1.7	EMISIONES DE Pb-MP.	8
1.7.1	<i>Resultados muestreos isocinéticos:</i>	8
2	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CALAMA.	10
2.1	INTRODUCCIÓN.	10
2.2	RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE REGIÓN DE ANTOFAGASTA.	10
2.3	NORMAS PRIMARIAS DE CALIDAD DEL AIRE: MP10, MP2,5, Pb EN MP10 Y CO.	14
2.4	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CONTAMINANTES MONITOREADOS (MP10, MP2,5, CO Y Pb-MP).	16
2.4.1	<i>MP10.</i>	16
2.4.2	<i>MP2,5</i>	18
2.4.3	<i>Pb en MP10 (Pb-MP10).</i>	21
2.5	ANÁLISIS DE LA MODELACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE VS DATOS MONITOREADOS.	23
3	ANÁLISIS MUESTREO DE PLOMO EN SUELOS.	27
4	CONCLUSIONES.	30

Índice de Tablas

Tabla 1.	Funcionamiento Fundición Planta RECIMAT.	2
Tabla 2.	Resumen muestreo isocinético chimenea 1 (mayo 2021).	2
Tabla 3.	Resumen muestreo isocinético chimenea 1 (noviembre 2021).	2
Tabla 4.	Resumen muestreo isocinético Chimenea 1 (mayo 2022)	3
Tabla 5.	Resumen muestreo isocinético Chimenea 1 (octubre 2022)	3
Tabla 6.	Resumen muestreo isocinético Chimenea 1 (abril 2023)	3
Tabla 7.	Resumen muestreo isocinético Chimenea 1 (octubre 2023).	3
Tabla 8.	Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (mayo 2021).	3
Tabla 9.	Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (noviembre 2021).	4
Tabla 10.	Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (mayo 2022).	4
Tabla 11.	Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (octubre 2022).	4
Tabla 12.	Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (abril 2023).	4
Tabla 13.	Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (octubre 2023).	4
Tabla 14.	Emisiones históricas RECIMAT	5
Tabla 15.	Estimación de emisiones MP 2021-2023. RECIMAT.	5
Tabla 16.	Estimación Emisiones Promedios Trianales MP – RECIMAT.	6

Tabla 17. Fuentes de EF.....	7
Tabla 18. EEF MP10 2021-2023. RECIMAT.....	7
Tabla 19. Total, emisiones MP10 2021-2023. RECIMAT.....	8
Tabla 20. Comparación de emisiones de Pb-MP con Norma Mexicana.....	8
Tabla 21. Comparación de emisiones de Pb-MP con Norma Mexicana.....	8
Tabla 22. Estaciones de Monitoreo en Línea - SINCA.....	10
Tabla 23. Estaciones de Monitoreo Continuo – SINCA MMA.....	11
Tabla 24. Normas primarias de calidad del aire y condiciones de superación, actualmente vigentes..	15

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Emisiones históricas MP- RECIMAT.....	5
Gráfico 2. Estimación Emisiones MP – RECIMAT.....	6
Gráfico 3. Promedios trianuales de emisión MP – RECIMAT.....	6
Gráfico 4. Emisiones de Pb-MP como concentración en mg/m3, por año.....	9
Gráfico 5. Resultados calculo estimación de emisiones de Pb-MP (promedios 2021, 2022 y 2023).	9
Gráfico 6. Concentración trienal MP10 Calama – Monitoreo Discreto.....	16
Gráfico 7. Evolución concentraciones trienales MP10 – Calama. Monitoreo Continuo.....	17
Gráfico 8. Evolución concentraciones en 24 horas. Monitoreo Discreto - Calama.....	18
Gráfico 9. Evolución concentraciones trienales MP2,5. Monitoreo Discreto – Calama.....	19
Gráfico 10. Evolución concentraciones trienales MP2,5, con Estación Escuela D-126 – Calama.....	19
Gráfico 11. Evolución concentraciones 24 h MP2,5. Monitoreo Discreto – Calama.....	20
Gráfico 12. Evolución concentraciones bianuales pb-MP10. Red SINCA-MMA Calama.....	21
Gráfico 13. Evolución concentraciones bienales pb-MP10. Estación Escuela D-126, RECIMAT. Calama.....	22
Gráfico 14. Resultados de muestreos de plomo en suelo, año 2021.....	27
Gráfico 15. Resultados de muestreos superficial de plomo en suelo, año 2021.....	28
Gráfico 16. Resultados de muestreos profundo de plomo en suelo, año 2021.....	28
Gráfico 17. Resultados de muestreos en PMI de plomo en suelo, año 2021.....	29

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación RECIMAT y Chimeneas. Planta Calama.....	1
Figura 2. Ubicación estaciones de monitoreo Calama-Chiu Chiu.....	12
Figura 3. Ubicación estaciones de monitoreo Calama.....	13
Figura 4. Curvas de isoconcentración norma anual modelación Pb-MP10.....	23
Figura 5. Curvas de isoconcentración norma anual modelación MP10.....	24
Figura 6. Curvas de isoconcentración norma anual modelación MP2,5.....	25
Figura 7. Curvas de isoconcentración norma anual modelación Pb-MP10.....	26

Anexos

Anexo 1.1. Reporte Estimación Emisiones Fugitivas.

Anexo 1.2. Informe Modelación Calidad del Aire

Anexo 1.3. Resumen ejecutivo informes de muestreo y análisis de muestras de suelo – ALS LIFE SCIENCES CHILE.

1 EMISIONES ATMOSFERICAS RECIMAT.

1.1 Antecedentes fuentes emisoras.

La Planta RECIMAT posee varias fuentes de emisión, las cuales evacúan las emisiones de material particulado mediante dos chimeneas, las cuales son las siguientes:

- Chimenea 1: Quemadores de hornos, uno en operación y el otro stand by.
 - Horno 1.
 - Horno 2.

- Chimenea 2:
 - Campana 1 de horno 1.
 - Campana 2 de horno 2.
 - Charola 1 y 2.
 - Olla 1, 2 y 5.

Figura 1. Ubicación RECIMAT y Chimeneas. Planta Calama.



Fuente: Elaboración propia en Google Earth.

1.2 Estimación operación de la Planta RECIMAT.

Para efectos de la estimación de las emisiones de la Planta RECIMAT, consideraremos que la operación será considerada la nominal, es decir las 24 horas para los 365 días del período, esta es una estimación conservadora, ya que se implementará un conteo de la operación real de las fuentes, lo cual es inferior a las 8.760 h/año.

La operación de las charolas, campanas, escoriado y ollas, que se evacúan por la chimenea N° 2, su funcionamiento será homologado al de los hornos.

Con los antecedentes antes indicado, se logra determinar las horas de operación de la planta RECIMAT para el cálculo de la estimación de emisiones de Material Particulado y gases:

Tabla 1. Funcionamiento Fundición Planta RECIMAT.

Actividad	Total 2022 (Horas)
Operación	8.760

Fuente: Elaboración propia.

1.3 Estimación emisiones de MP.

1.3.1 Resumen resultados muestreos isocinéticos.

Con los resultados de los muestreos isocinéticos obtenemos los parámetros de tasa de emisión MP (g/h), para cada una de las chimeneas, para el caso de la chimenea 1, utilizaremos los muestreos de los últimos tres años (2021, 2022 y 2023).

1.3.1.1 Chimenea 1.

El último muestreo fue realizado por la empresa AXIS Ambiental SpA, durante el segundo semestre del año 2023, para el mes de octubre. Se incluyen los resultados de los últimos 6 muestreos (1er semestre de 2021, 2do semestre de 2021, 1er semestre de 2022, 2do semestre de 2022, 1er semestre de 2023 y 2do semestre de 2023).

Tabla 2. Resumen muestreo isocinético chimenea 1 (mayo 2021).

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Q Gases Base Seca (m3 N/h)	Conc. MP (mg/m3 N)	Emisión MP (g/h)
26/05/2021	1	15,10	53,1	3,2	99,1	20.876,0	1,7	35,5
26/05/2021	2	15,18	54,0	3,0	104,8	20.971,0	0,9	18,9
26/05/2021	3	15,28	56,4	3,2	99,1	20.903,0	1,3	27,2
Promedio		15,19	54,5	3,1	101,0	20.916,7	1,3	27,2

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 3. Resumen muestreo isocinético chimenea 1 (noviembre 2021).

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Q Gases Base Seca (m3 N/h)	Conc. MP (mg/m3 N)	Emisión MP (g/h)
04-11-2021	1	15,82	51,4	2,6	100,6	22.023,0	3,2	70,5
04-11-2021	2	15,78	52,0	2,6	100,7	21.910,0	4,3	94,2
04-11-2021	3	15,81	51,9	2,5	100,6	21.971,0	3,7	81,3
Promedio		15,80	51,8	2,6	100,6	21.968,0	3,7	82,0

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 4. Resumen muestreo isocinético Chimenea 1 (mayo 2022)

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Q Gases Base Seca (m3 N/h)	Conc. MP (mg/m3 N)	Emisión MP (g/h)
11-05-2022	1	16,10	57,0	2,6	100,6	21.932,0	2,5	54,8
11-05-2022	2	16,40	56,0	2,6	100,7	22.447,0	1,3	29,2
11-05-2022	3	16,30	52,0	2,9	100,6	22.506,0	2,7	60,8
Promedio		16,27	55,0	2,7	100,6	22.295,0	2,2	48,3

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 5. Resumen muestreo isocinético Chimenea 1 (octubre 2022)

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Q Gases Base Seca (m3 N/h)	Conc. MP (mg/m3 N)	Emisión MP (g/h)
04-10-2022	1	16,80	69,0	3	103,5	22.170,0	8,7	192,9
04-10-2022	2	16,70	65,0	2,3	101,3	22.376,0	10,9	243,9
04-10-2022	3	16,70	66,0	2,6	101,4	22.293,0	10,2	227,4
Promedio		16,73	66,7	2,6	102,1	22.279,7	9,9	221,4

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 6. Resumen muestreo isocinético Chimenea 1 (abril 2023)

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Q Gases Base Seca (m3 N/h)	Conc. MP (mg/m3 N)	Emisión MP (g/h)
20-04-2023	1	19,40	34,0	1,7	98,7	28.774,0	5,2	149,6
20-04-2023	2	19,40	34,0	1,7	98,7	28.756,0	4,2	120,8
20-04-2023	3	19,50	35,0	1,7	98,7	28.920,0	3,5	101,2
Promedio		19,43	34,3	1,7	98,7	28.816,7	4,3	123,9

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 7. Resumen muestreo isocinético Chimenea 1 (octubre 2023)

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Q Gases Base Seca (m3 N/h)	Conc. MP (mg/m3 N)	Emisión MP (g/h)
12-10-2023	1	14,40	39,4	1,6	101,1	21.025,0	4,0	84,1
12-10-2023	2	14,47	42,0	1,5	101,2	20.961,0	4,3	90,1
12-10-2023	3	14,47	40,3	2,1	101,6	20.963,0	5,4	113,2
Promedio		14,45	40,6	1,7	101,3	20.983,0	4,6	95,8

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

1.3.1.2 Chimenea 2.

Los últimos seis muestreos isocinéticos fueron realizados por la empresa AXIS Ambiental SpA, durante el año 2021, para los meses de mayo y noviembre, en el año 2022, para los meses de mayo y octubre, y en el año 2023, para los meses de abril y octubre.

Tabla 8. Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (mayo 2021).

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Caudal de Gases (m3 N/h)	Conc. MP (mg/m3 N)	Emisión MP (g/h)
26/05/2021	1	17,22	56,4	3,1	97,9	15.546,0	6,9	107,3
26/05/2021	2	17,28	57,4	3,2	97,9	15.544,0	6,3	97,9
26/05/2021	3	17,36	59,8	3,2	98,0	15.496,0	9,2	142,6
Promedio		17,29	57,9	3,2	97,9	15.528,7	7,5	115,9

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 9. Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (noviembre 2021).

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Caudal de Gases (m ³ N/h)	Conc. MP (mg/m ³ N)	Emisión MP (g/h)
03/11/2021	1	17,26	54,2	3,0	100,5	15.602,0	3,3	51,5
03/11/2021	2	17,33	54,8	2,9	100,1	15.640,0	4,0	62,6
03/11/2021	3	17,31	54,3	2,4	99,7	15.737,0	4,9	77,1
Promedio		17,29	54,4	2,8	100,1	15.659,7	4,1	63,7

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 10. Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (mayo 2022).

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Caudal de Gases seco (m ³ N/h)	Conc. MP (mg/m ³ N)	Emisión MP (g/h)
11-05-2022	1	16,40	43,0	2,9	96,0	15.347,0	2,3	35,3
11-05-2022	2	16,10	42,0	3,0	96,7	15.218,0	1,5	22,8
11-05-2022	3	16,20	41,0	3,0	95,9	15.322,0	1,5	23,0
Promedio		16,23	42,0	3,0	96,2	15.295,7	1,8	27,0

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 11. Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (octubre 2022).

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Caudal de Gases seco (m ³ N/h)	Conc. MP (mg/m ³ N)	Emisión MP (g/h)
03-10-2022	1	22,50	38,0	2,2	102,5	21.643,0	3,6	77,9
03-10-2022	2	22,80	42,0	2,6	103,2	21.513,0	3,6	77,4
03-10-2022	3	22,10	39,0	2,4	102,0	21.132,0	3,7	78,2
Promedio		22,47	39,7	2,4	102,6	21.429,3	3,6	77,9

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 12. Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (abril 2023).

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Caudal de Gases seco (m ³ N/h)	Conc. MP (mg/m ³ N)	Emisión MP (g/h)
19-04-2023	1	12,47	69,0	1,7	98,8	10.923,0	2,1	22,9
19-04-2023	2	12,48	68,3	1,7	98,7	10.956,0	3,6	39,4
19-04-2023	3	12,42	64,7	1,7	98,8	11.017,0	3,7	40,8
Promedio		12,46	67,3	1,7	98,8	10.965,3	3,1	34,4

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

Tabla 13. Resumen muestreo isocinético chimenea 2 (octubre 2023).

Fecha	Corrida	Velocidad (m/s)	Temperatura °C	Humedad (%)	Isocinetismo (%)	Caudal de Gases seco (m ³ N/h)	Conc. MP (mg/m ³ N)	Emisión MP (g/h)
12-10-2023	1	27,34	76,6	2,3	101,7	23.311,0	14,5	338,0
12-10-2023	2	27,17	69,9	2,3	101,5	23.609,0	8,5	200,7
12-10-2023	3	27,07	65,4	2,3	101,7	23.836,0	7,0	166,9
Promedio		27,19	70,6	2,3	101,6	23.585,3	10,0	235,2

Fuente: Informe muestreo empresa AXIS Ambiental SpA.

1.4 Estimación de emisiones de material particulado (MP) fuentes fijas.

Es necesario precisar, que desde el inicio de las mediciones isocinéticas, estas se han realizado para material particulado, a partir del presente año, se realizará el filtraje para obtener material particulado respirable (MP10).

1.4.1 Emisiones históricas

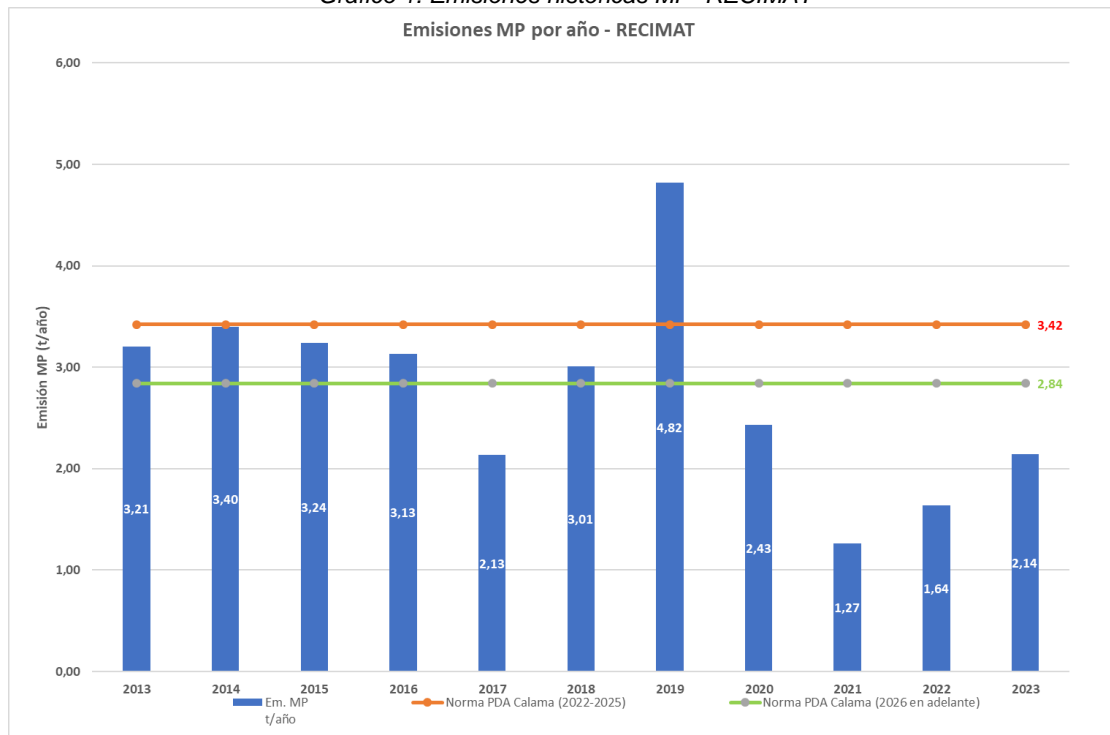
En la tabla siguiente se muestran los valores históricos de los resultados promedios por año, de las emisiones de material particulado, obtenidos de los muestreos isocinéticos realizados desde el año 2013 al 2023.

Tabla 14. Emisiones históricas RECIMAT

Fuente	Em. MP 2013 t/año	Em. MP 2014 t/año	Em. MP 2015 t/año	Em. MP 2016 t/año	Em. MP 2017 t/año	Em. MP 2018 t/año	Em. MP 2019 t/año	Em. MP 2020 t/año	Em. MP 2021 t/año	Em. MP 2022 t/año	Em. MP 2023 t/año
Total RECIMAT	3,21	3,40	3,24	3,13	2,13	3,01	4,82	2,43	1,27	1,64	2,14

Fuente: Elaboración propia de resultados de muestreos isocinéticos.

Gráfico 1. Emisiones históricas MP- RECIMAT



Fuente: Elaboración propia.

1.4.2 Emisión MP tres últimos años.

Con los resultados de los muestreos isocinéticos se estima la emisión nominal para los últimos tres años; 2021, 2022 y 2023.

Tabla 15. Estimación de emisiones MP 2021-2023. RECIMAT.

Fuente	Em. MP 2021 t/año	Em. MP 2022 t/año	Em. MP 2023 t/año
Scrubber Horno Fusión	0,48	1,18	0,96
Chimenea Escoriado-Campanas	0,79	0,46	1,18
Total RECIMAT	1,27	1,64	2,14

Fuente: Elaboración propia.

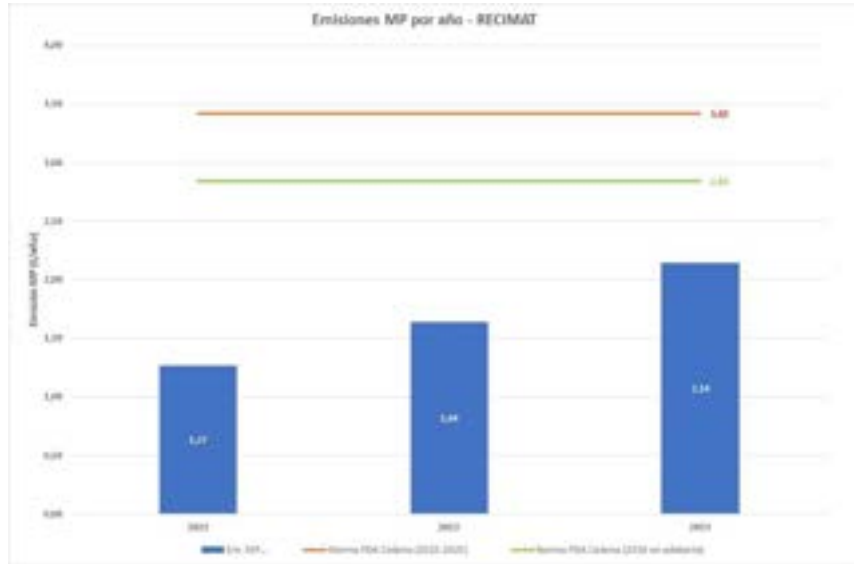
Tabla 16. Estimación Emisiones Promedios Trianales MP – RECIMAT.

Período	Em. Promedio Trianual MP (t/año)
2021-2023	1,68

En las gráficas siguientes se muestra la estimación de emisiones por año, en comparación con las normas de emisión que fueron establecidas en el Plan de Descontaminación Ambiental (PDA) de Calama, el cual aún no se encuentra vigente, ya que fue anulado por sentencia de fecha 07 de junio de 2023, del Primer Tribunal Ambiental, ante la cual se interpusieron recursos de casación, los cuales se encuentran en proceso de análisis por parte de la Corte Suprema.

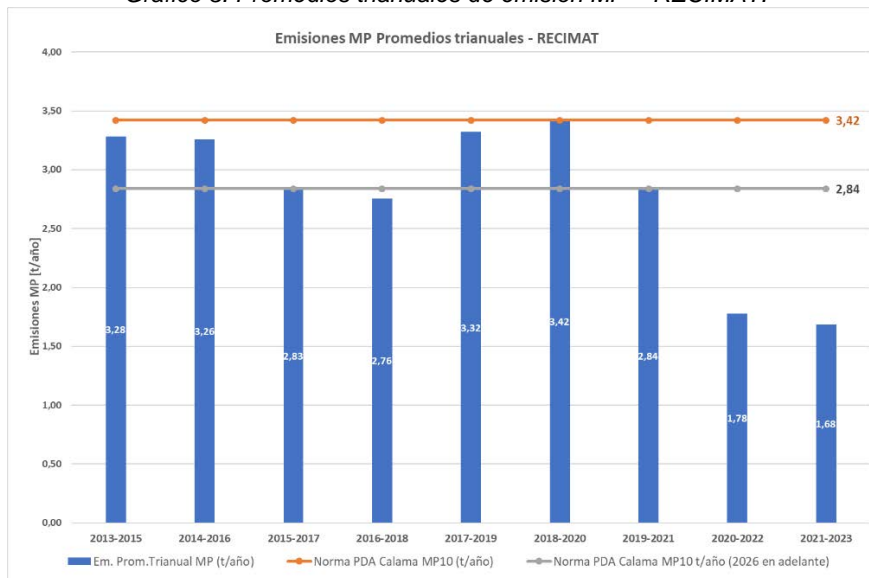
Además, se incluye el promedio de las emisiones de los tres últimos años, por representar una condición por un período más amplio de mediciones isocinéticas.

Gráfico 2. Estimación Emisiones MP – RECIMAT



. Fuente Elaboración Propia.

Gráfico 3. Promedios trianales de emisión MP – RECIMAT.



Fuente Elaboración Propia.

Las emisiones actuales de material particulado, correspondientes al promedio de los últimos tres años, se estiman en 1,68 t/año, que representan el 49,12 % de la norma de emisión de MP10 definida en el PDA de Calama para los años 2024 y 2025 (3,42 t/año) y el 59,15 % de la futura norma a partir del año 2026.

1.5 Estimación de emisiones MP fuentes fugitivas.

1.5.1 Antecedentes preliminares.

Los resultados y cuantificación de la estimación de emisiones fugitivas (EEF), se adjuntan en el “Anexo 1.1. Reporte EEF”.

A partir del análisis de las condiciones de operación del proceso, se pueden advertir 3 etapas, que son las siguientes:

- Etapa 1, Secado de carga, 90 minutos app.
- Etapa 2, Reducción y secado de la carga, 180 minutos app.
- Etapa 3, Colada (incluye escoria y metal líquido), 30 minutos app.

Producto del análisis operacional, plan de mejoras y correcciones de Layout del tren de gases, se han identificado 3 instantes operacionales, que eventualmente pueden generar Emisiones Fugitivas (EF), que son:

- Etapa carguío del horno, mediante empleo de cuchara de carga.
- Etapa de instalación de canaleta¹ de descarga en el Horno.
- Etapa transporte de horno a pozo de escoria².

La tabla adjunta representa lo expresado.

Tabla 17. Fuentes de EF.

Origen Emisión Fugitiva	Duración [minutos]	Características de la EF
Carguío	8,0	Particulado.
Canaleta	4,0	Gases y particulado débil.
Transporte escoria	20,0	Gases y particulado débil.

Fuente: Tabla 1. Reporte EEF, Anexo 1.1.

1.5.2 Estimación de emisiones fugitivas (EEF).

Con los factores de emisión y los antecedentes de producción, que se señalan en el Anexo 1.1., ya citado, se obtienen los valores de emisión anual.

Tabla 18. EEF MP10 2021-2023. RECIMAT.

Fuente	Em. MP 2021 t/año	Em. MP 2022 t/año	Em. MP 2023 t/año
Total RECIMAT ³	0,144	0,144	0,144

Fuente: Elaboración propia.

¹ Dicha canaleta permite la evacuación desde el horno de la escoria y posteriormente del metal fundido.

² La depositación de enfriamiento se realiza en cámara totalmente encapsulada cuyos gases son captados y transportados a sistema de filtrado de gases.

³ Se calculó el promedio de los años 2021-2023.

1.6 Resumen emisiones de MP y MP10.

En la tabla siguiente, se muestra el total de las emisiones de MP10, correspondientes a los aportes de las EFF y EEF:

Tabla 19. Total, emisiones MP10 2021-2023. RECIMAT.

Fuente	Em. MP 2021 t/año	Em. MP 2022 t/año	Em. MP 2023 t/año
Emisiones por chimenea	0,48	1,18	0,96
Emisiones Fugitivas	0,79	0,46	1,18
Total RECIMAT	1,27	1,64	2,14

Fuente: Elaboración propia.

1.7 Emisiones de Pb-MP.

1.7.1 Resultados muestreos isocinéticos:

En la tabla siguiente se muestran los resultados de los valores de concentración promedio de las fuentes de RECIMAT, para las emisiones del parámetro plomo en material particulado (Pb-MP) para los años 2021, 2022 y 2023 y la comparación de la concentración de Pb-MP con la Norma Mexicana:

Tabla 20. Comparación de emisiones de Pb-MP con Norma Mexicana.

Fuente / [mg/m ³ N]	[] promedio Pb-MP 2021	[] promedio Pb-MP 2022	[] promedio Pb-MP 2023
Scrubber Horno Fusión (Ch. 1)	0,000015	0,0177	0,0238
Escoriado, Charolas, Campanas y Ollas (Ch.2)	0,000002	0,0043	0,0000
RECIMAT	0,000008	0,0110	0,0119
Norma Mexicana [] (mg/m ³)	0,200000	0,2000	0,2000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se realiza una comparación de las emisiones calculadas por chimenea por año, y los valores al utilizar la Norma Mexicana.

Tabla 21. Comparación de emisiones de Pb-MP con Norma Mexicana.

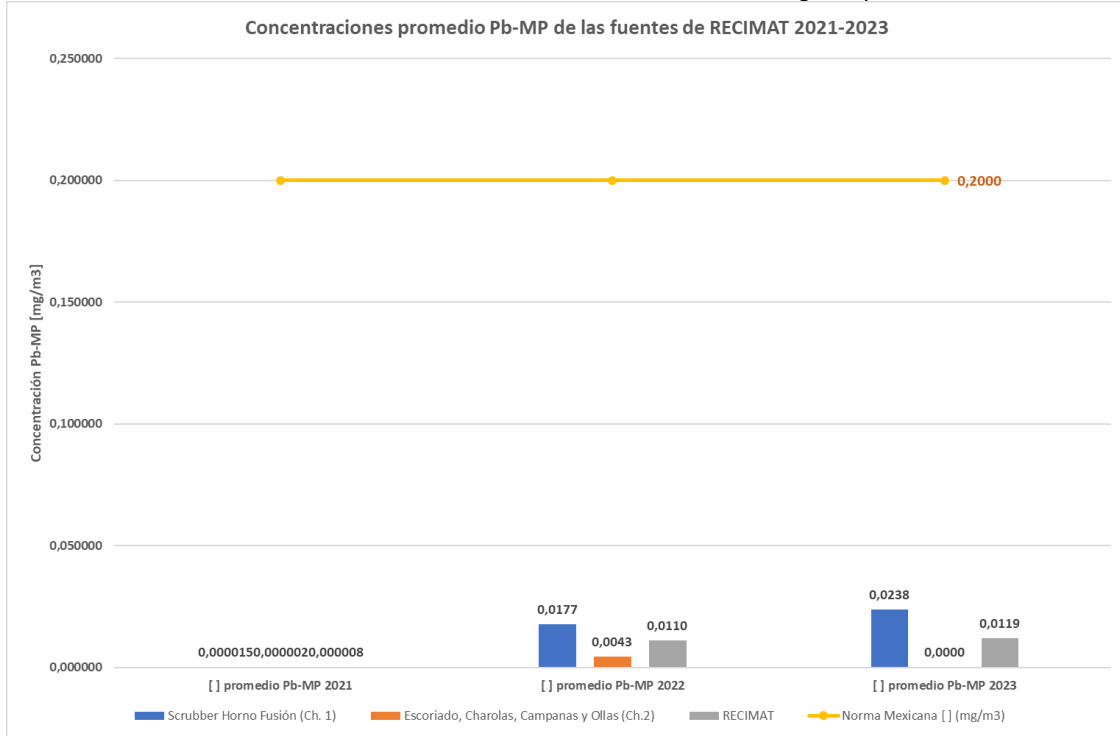
Fuente/Emisiones (kg/año)	Emisión Pb-MP (2021)	Emisión Pb-MP (2022)	Emisión Pb-MP (2023)
Scrubber Horno Fusión (Ch. 1)	0,0028	3,4531	5,1804
Escoriado, Charolas, Campanas y Ollas (Ch.2)	0,0002	0,6981	0,0000
Total RECIMAT	0,0030	4,1512	5,1804
Proyección Emisión Según Norma MX	64,8879	71,2185	62,8358

Fuente: Elaboración propia.

Se mantiene la tendencia de representar las emisiones de Pb-MP valores muy bajos, si los comparamos con la norma mexicana de concentración a la salida de la chimenea, para el año 2023, corresponde al 5,95 % de la referida norma, valor levemente superior al del año 2022.

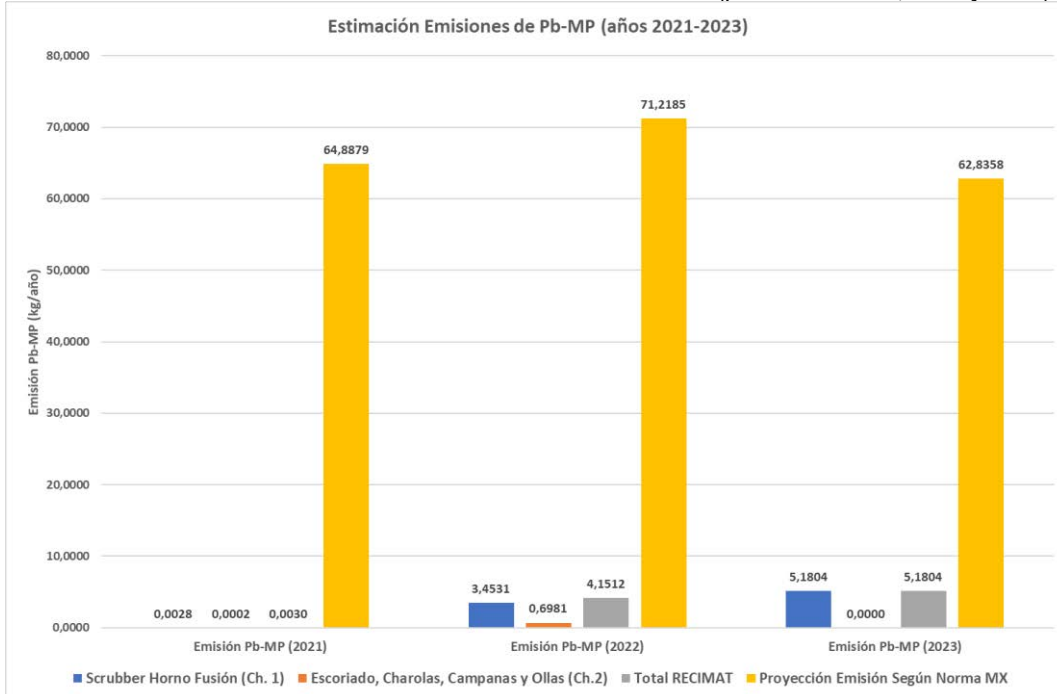
Respecto de las emisiones de Pb-MP, estas también son inferiores respecto a la proyección de emisiones utilizando la norma mexicana (concentración de Pb-MP), estas representan el 8,24 % de la referida norma. La diferencia con el caso anterior, se explica por el aumento de promedio del caudal de gases, parámetro utilizado para el cálculo de las emisiones.

Gráfico 4. Emisiones de Pb-MP como concentración en mg/m3, por año.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Resultados calculo estimación de emisiones de Pb-MP (promedios 2021, 2022 y 2023).



Fuente: Elaboración propia.

2 Análisis de la calidad del aire de Calama.

2.1 Introducción.

El presente informe, corresponde a la entrega de los resultados de monitoreo de calidad del aire, para los contaminantes material particulado respirable (MP10), material particulado fino respirable (MP2,5), monóxido de carbono (CO) y plomo en material particulado respirable (Pb en MP10), para el año 2023.

Los datos utilizados son extraídos de información disponible en el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), tanto de la red de monitoreo en línea como de la información histórica disponible, además, de la información recolectada en las campañas de monitoreo realizadas por Procesadora de Residuos Industriales Ltda. (“**RECIMAT**”) e Industria Proveedoradora de Partes Metalúrgicas Limitada (**INPPAMET**), en la estación localizada en la Escuela Básica D-126 del sector Kamac Mayu de la ciudad de Calama.

La red de monitoreo corresponde a estaciones públicas y privadas, cuya información está disponible en línea para el seguimiento y verificación de las normas primarias y secundarias de calidad del aire.

2.2 Red de monitoreo de la calidad del aire región de Antofagasta.

La red de monitoreo de calidad del aire en línea de la región de Antofagasta, está compuesta de doce estaciones de monitoreo, de las cuales 1 solo de ellas es de propiedad pública, y de las cuales 4 estaciones están instaladas en la ciudad de Calama, en donde en todas estas se mide material particulado respirable (MP₁₀) y material particulado fino respirable (MP_{2,5}), y el resto de los contaminantes monitoreados: ozono (O₃), anhídrido sulfuroso (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), solo en una de éstas, en ninguna de estas se monitorea plomo en MP, las que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 22. Estaciones de Monitoreo en Línea - SINCA

Red	Estaciones en línea	MP 2,5	MP 10	Ozono	SO2	NO2	CO
Ciudad Tocopilla	4	3	3	1	2	1	1
Comuna Sierra Gorda	1	1	1	0	0	0	0
Ciudad Calama	4	4	4	1	2	1	1
Red ENAEX	2	0	2	0	0	2	0
Red MMA	1	1	1	0	1	0	0

Fuente: SINCA -MMA.

En la tabla siguiente se indican las estaciones de monitoreo asociadas a Calama, que corresponden a 5 estaciones que se localizan en la ciudad de Calama y una estación en la localidad de Chiu Chiu, localizada a aproximadamente 32 km en línea recta al centro de la ciudad de Calama, todas las estaciones son de propiedad de Codelco División Chuquicamata y operadas por SGS Chile Limitada:

Tabla 23. Estaciones de Monitoreo Continuo – SINCA MMA

Estación	MP 10	MP 2,5	SO₂	CO	O₃	NO₂	Pb
Club Deportivo 23 de Marzo	X	X	X	-	-	-	
Centro Calama	X	X	X	X	X	X	
Colegio Pedro Vergara Keller	X	X	-	-	-	-	
Hospital del Cobre	X						
Oasis			X				
Nueva Chiu Chiu	-	-	X	-	-	-	

Fuente: SINCA -MMA.

La estación de monitoreo de la Escuela Básica D-126, se localiza en el sector de la Población Kamac Mayu, en las coordenadas UTM WGS 84 Huso 19: E 509.286 y N 7.518.685.

El análisis del parámetro contaminante CO, se realiza en la Estación Centro Calama y en la Estación Escuela Básica D-126, que son las únicas que realizan dicho monitoreo, y el análisis respecto al Pb en MP10, monitoreo discreto, se realiza en las estaciones: Hospital del Cobre, Centro, Colegio Pedro Vergara Keller y Club Deportivo 23 de Marzo. Además, de campañas de monitoreo, 1 mes en 4 meses del año, en la Estación Escuela D-126 Kamac Mayu.

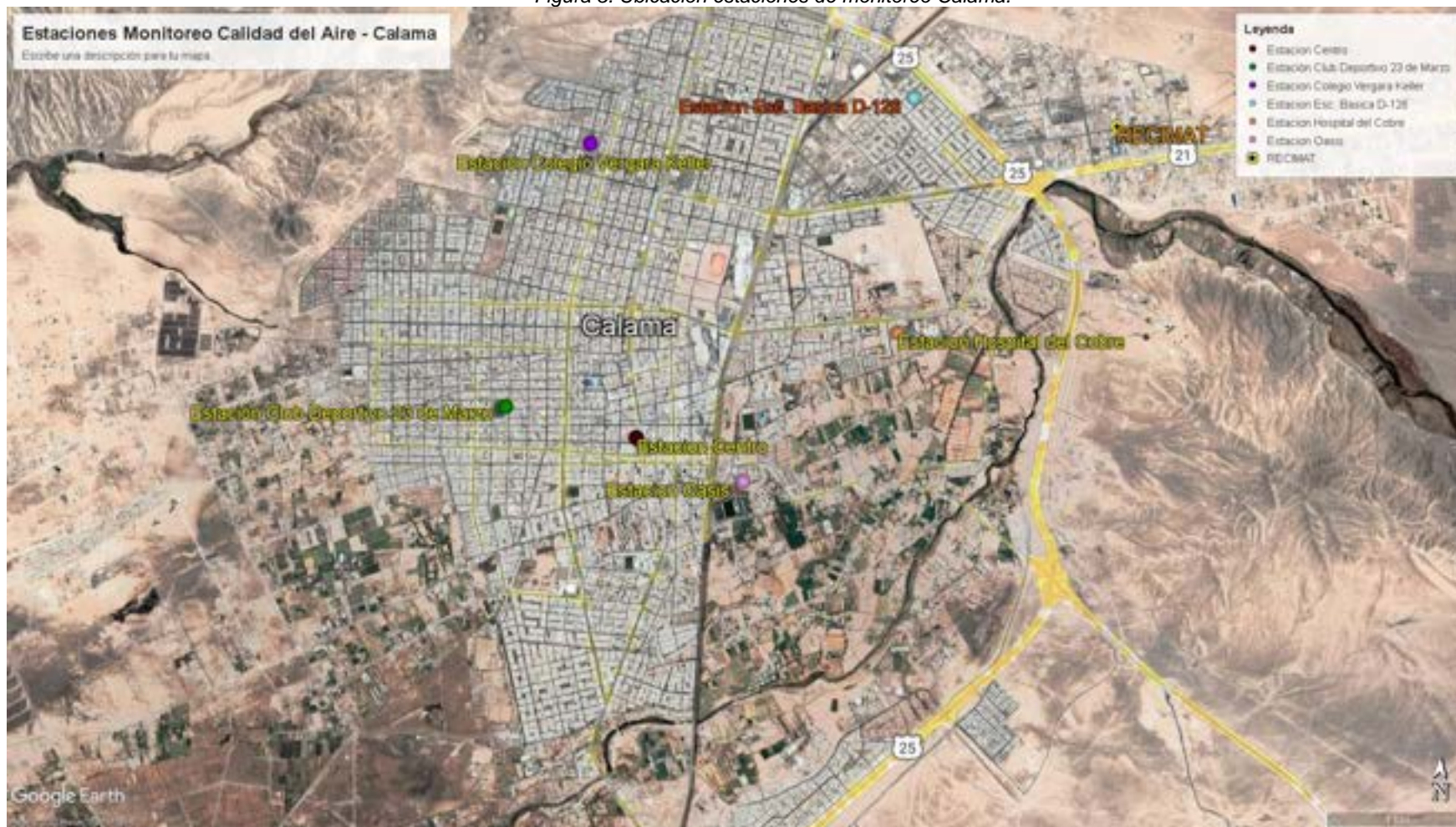
En la Figura siguiente, se muestra la ubicación de las estaciones Centro Calama, Club Deportivo 23 de Marzo, Colegio Pedro Vergara Keller, Oasis, Nueva Chiu Chiu y Escuela Básica D-126, en relación a la ubicación de las plantas RECIMAT e INPPAMET.

Figura 2. Ubicación estaciones de monitoreo Calama-Chiu Chiu.



Fuente elaboración propia en Google Earth.

Figura 3. Ubicación estaciones de monitoreo Calama.



Fuente elaboración propia en Google Earth.

2.3 Normas primarias de calidad del aire: MP10, MP2,5, Pb en MP10 y CO.

Los parámetros contaminantes MP10, MP2,5, Pb en MP10 y CO, son regulados mediante las siguientes normativas:

- Decreto Supremo N° 12/2021 del Ministerio del Medio Ambiente. Establece norma primaria de calidad ambiental para MP10.
- Decreto Supremo N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Establece norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable (MP 2,5).
- Decreto Supremo N° 115/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Establece norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono (CO).
- Decreto Supremo N° 136/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Establece norma primaria de calidad de aire para plomo en el aire (Pb-MP).

Nuestro análisis se realizará respecto de los contaminantes con exigencias de monitoreo por parte de la autoridad ambiental, que son: MP10, MP2,5, CO y Pb-MP.

Los decretos antes señalados establecen las siguientes normas primarias y las condiciones de superación, lo que se muestra en la Tabla 3 siguiente:

Tabla 24. Normas primarias de calidad del aire y condiciones de superación, actualmente vigentes.

Contaminante	Norma/Condición superación	[$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] Anual	[$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] 24 h	[$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] 8 h	[$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] 1 h
MP10	D.S. N° 12/2021 MMA.	50,0	130,0	--	--
	Condición superación	Promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, en cualquier EMRP, sea \geq a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	a. En un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98 de las [] 24 horas registradas, sea \geq a 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. b. Si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, sea $>$ 7.	--	--
MP2,5	D.S. N° 12/2011 MMA.	20,0	50,0	--	--
	Condición superación	Cuando el promedio trienal de las concentraciones anuales sea mayor a 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en cualquier estación EMRP.	Cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea $>$ 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en cualquier EMRP.	--	--
Pb-MP	D.S N° 136/2000 MINSEGPRES.	0,5	--	--	--
	Condición superación	Se considerará sobrepasada la norma cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de dos años sucesivos supera el nivel de la norma en cualquier estación EMPB.	--	--	--
CO	D.S. N° 115/2002 MINSEGPRES.	--	--	10.000,0 (9 ppmv)	30.000,0 (26 ppmv)
	Condición superación	--	--	Cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de [] 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere $>$ a la norma.	Cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de [] de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere $>$ a la norma.

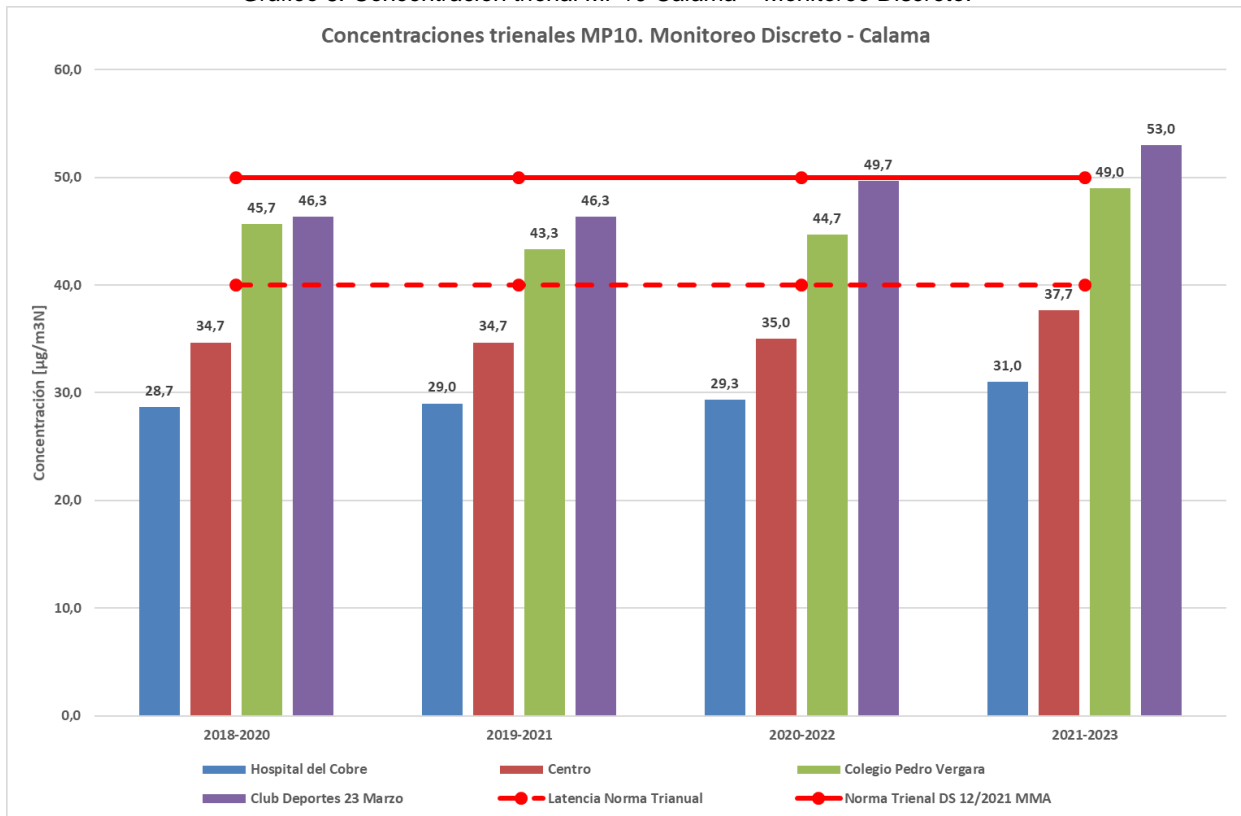
2.4 Análisis de los parámetros contaminantes monitoreados (MP10, MP2,5, CO y Pb-MP).

2.4.1 MP10.

Este es un de los contaminantes más importantes a los cuales se le realiza el seguimiento, ya que la ciudad de Calama se encuentra declarada zona saturada, para la norma de concentración trienal. Actualmente, se encuentra en etapa de elaboración de un nuevo PDA, debido a la anulación del publicado en el año 2022.

La evolución de las concentraciones trienales y las concentraciones en 24 h, se muestran en los Gráficos 6, 7 y 8, siguientes.

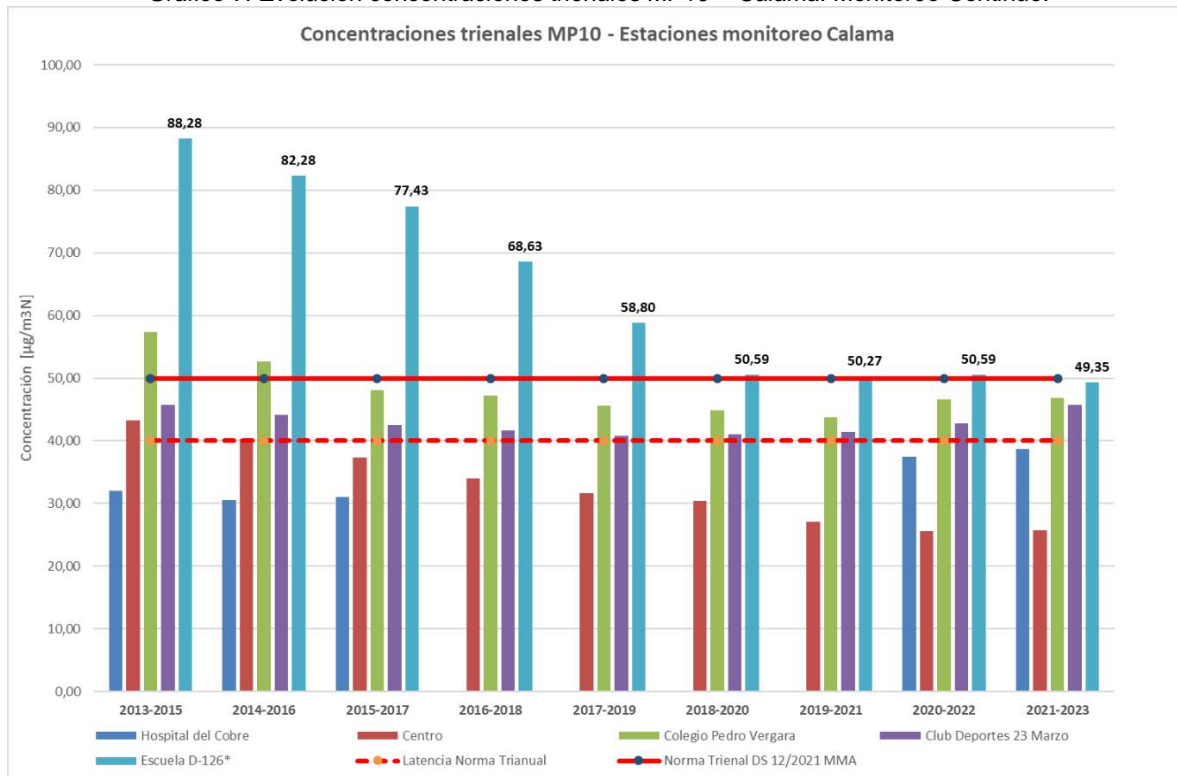
Gráfico 6. Concentración trienal MP10 Calama – Monitoreo Discreto.



Fuente: Elaboración propia – Resultados Monitoreo Discreto CODELCO-SINCA Calama.

En lo que respecta al Gráfico 6, este corresponde a las estaciones EMRP, monitoreo discreto, cuyos resultados muestran que se mantiene la condición de zona saturada para el MP10, ya que para el período trienal 2021-2023, en la EMRP Club de Deportes 23 de Marzo, su concentración es de 53,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde al 106 % de la norma anual. Además, existe una clara tendencia al aumento de las concentraciones de calidad del aire en las estaciones Colegio Vergara Keller y Club Deportivo 23 de Marzo, con valores anuales en la latencia durante los últimos 4 trienios.

Gráfico 7. Evolución concentraciones trienales MP10 – Calama. Monitoreo Continuo.



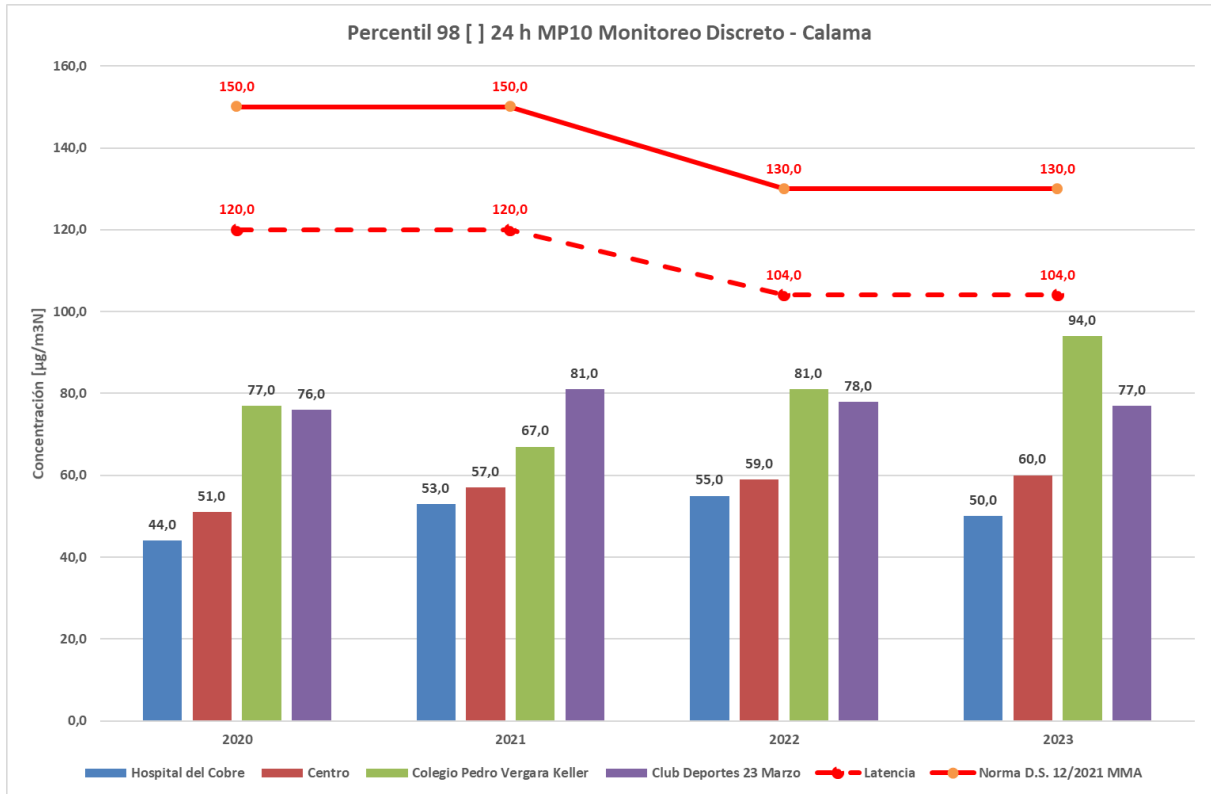
Fuente: Elaboración propia datos SINCA-MMA y Estación Escuela D-126.

En relación al Gráfico 7, se incorporan los datos de la estación Escuela D-126 Kamac Mayu. Los resultados, si bien en estos resultados es posible observar la superación de la norma para la concentración promedio trienal en muchos de los períodos, existe un mejoramiento de los niveles de calidad del aire y un cumplimiento para el trienio 2021-2023.

En estos resultados, se muestra el cumplimiento respecto de los monitoreos continuos de MP10, en la ciudad de Calama, para los últimos tres trienios.

Respecto al cumplimiento normativo, mantención de la zona saturada, como se verifica que esta se sobrepasa en los monitoreos discretos, se mantendrá la declaratoria de zona saturada para las concentraciones anuales.

Gráfico 8. Evolución concentraciones en 24 horas. Monitoreo Discreto - Calama



Fuente: Elaboración propia datos del SINCA-MMA y Estación Escuela D-126.

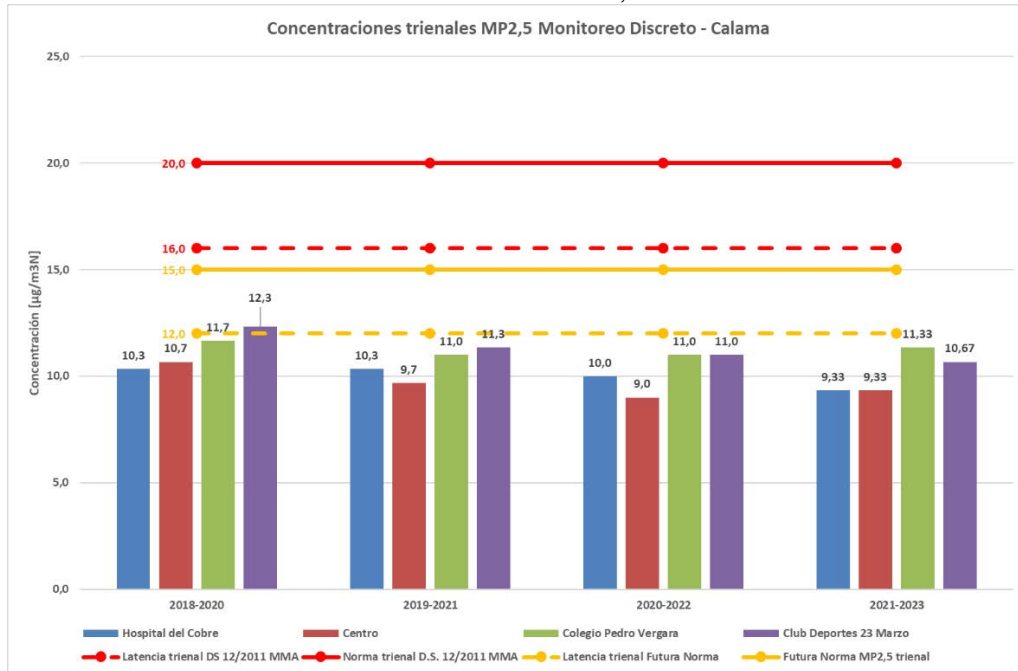
En la gráfica 8, se muestran los resultados de los percentiles 98 de las concentraciones de 24 h del MP10, en las estaciones de monitoreo de Calama. Estos muestran que la norma que se cumple, incluso por valores por debajo del límite de latencia, en los últimos 4 años, incluso con la disminución del valor de la norma, que se redujo de 150 a 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en el año 2022 con la promulgación del nuevo decreto que regula el MP10.

Los datos para el monitoreo continuo, son muy similares a la situación del monitoreo discreto, y se han incorporado los resultados de ambos.

2.4.2 MP2,5

Los resultados para las estaciones de monitoreo de MP2,5 se muestran en los siguientes gráficos, los que muestran que no se superan los niveles de calidad del aire normados, tanto para el monitoreo discreto como continuo. Se incorpora la Estación Escuela D-126, sin embargo, sus resultados son solo referenciales.

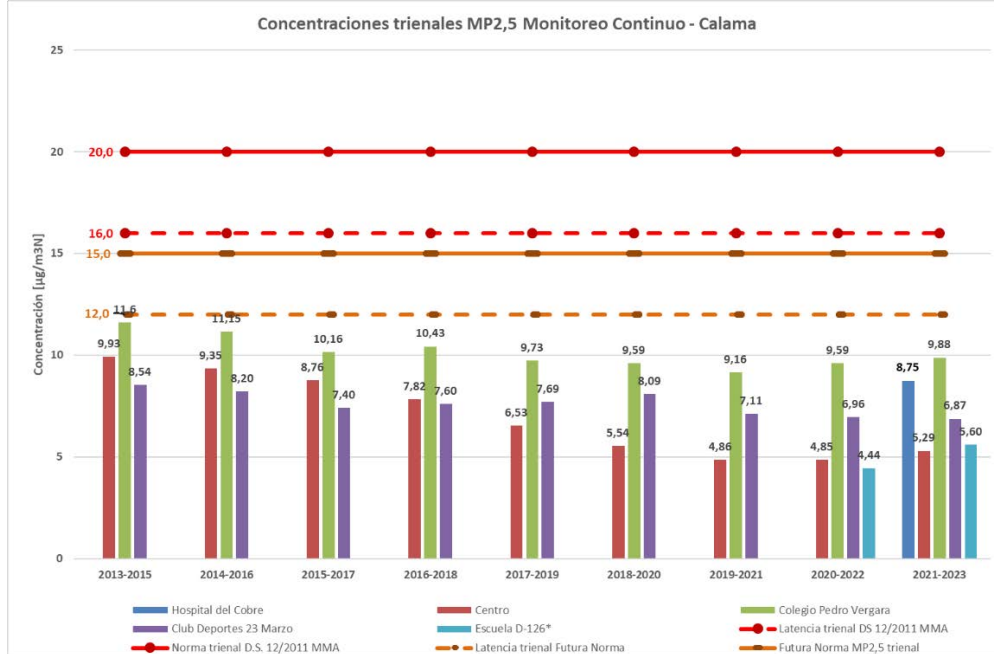
Gráfico 9. Evolución concentraciones trienales MP2,5. Monitoreo Discreto – Calama



Fuente: Elaboración propia datos SINCA-Calama.

En el gráfico 9 se muestran los resultados para las 4 estaciones de monitoreo (EMRP) de la ciudad de Calama, muestreo discreto, en estas se logra verificar el cumplimiento de la actual norma de MP2,5 e incluso el nivel de latencia, para la concentración anual.

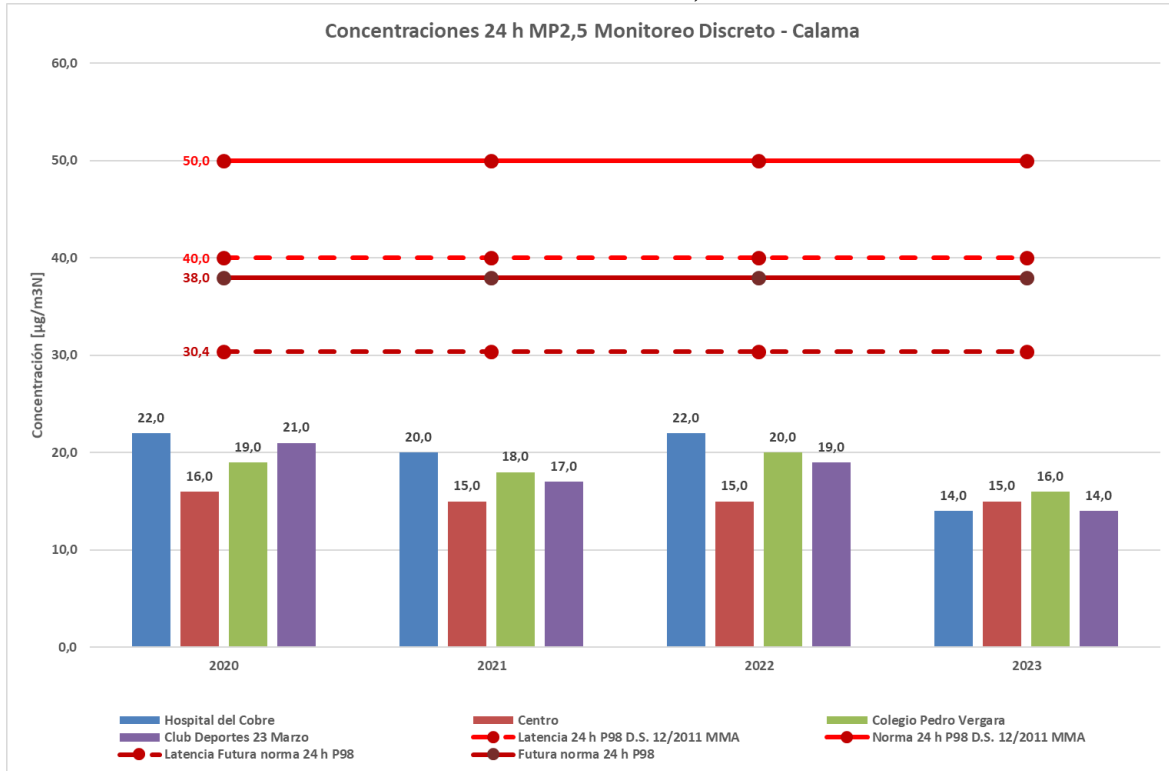
Gráfico 10. Evolución concentraciones trienales MP2,5, con Estación Escuela D-126 – Calama



Fuente: Elaboración propia datos SINCA-Calama.

En el gráfico 10 se muestran los resultados para las 4 estaciones de monitoreo (EMRP) de la ciudad de Calama y la Estación Escuela D-126, muestreo continuo, en estas se logra verificar el cumplimiento de la actual norma de MP2,5 e incluso el nivel de latencia, para la concentración anual.

Gráfico 11. Evolución concentraciones 24 h MP2,5. Monitoreo Discreto – Calama



Fuente: Elaboración propia datos SINCA-MMA.

En el gráfico 11, se muestran los resultados para el P98 de las concentraciones en 24 horas, a partir del año 2020 al año 2023. Los resultados indican que se da cumplimiento a la norma actual e incluso por valores inferiores al nivel de latencia (80 % de la norma).

La estación monitorea que registra el mayor valor del P98 de las concentraciones en 24 horas de MP2,5, para el último año, 2023, es la del Colegio Pedro Vergara Keller, cuyo valor registro corresponde al 32,0 % del valor de la norma y el 42,1 % de la futura norma, por tanto, se considera que la probabilidad de superar los niveles de calidad del aire del MP2,5 es baja.

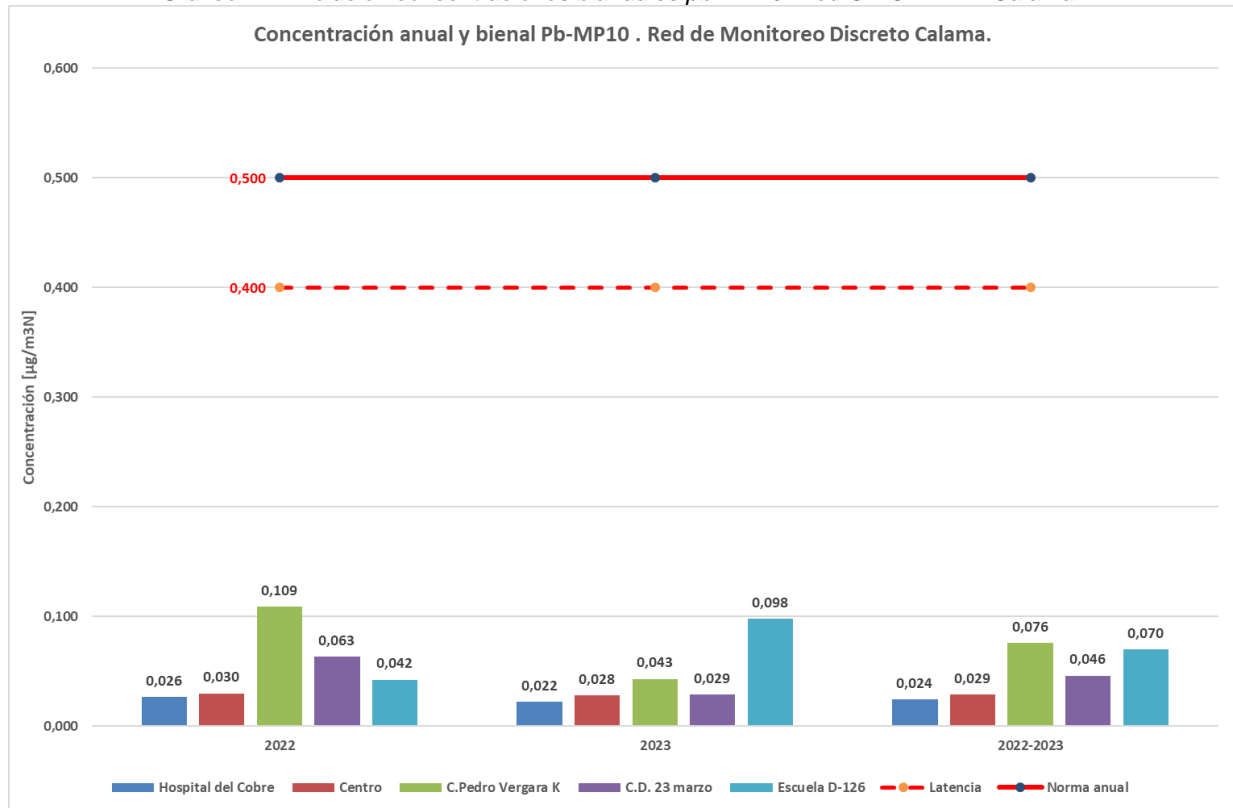
La norma de MP2,5 se encuentra en proceso de revisión, cuyo valor se reducirá de 20 a 15 µg/m³, como concentración promedio anual, y de 50 a 38 µg/m³, para la concentración de 24 h, las cuales se estiman, conforme los resultados de los últimos 4 trienios, serán cumplidas, tanto para los niveles de la norma y de la latencia.

2.4.3 Pb en MP10 (Pb-MP10).

El monitoreo de Pb en MP10, se realiza en la ciudad de Calama, para 4 estaciones de monitoreo discreto: Estación Hospital del Cobre, Estación Centro, Estación Colegio Pedro Vergara Keller y Club Deportivo 23 Marzo, las cuales corresponden a la red pública del SINCA. Adicionalmente nuestra empresa, realiza monitoreo discreto en la Estación Escuela D-126 Kamac Mayu, cuyos resultados son solo referenciales.

En la gráfica siguiente se muestran los resultados para las estaciones de la red SINCA y la Escuela D-126:

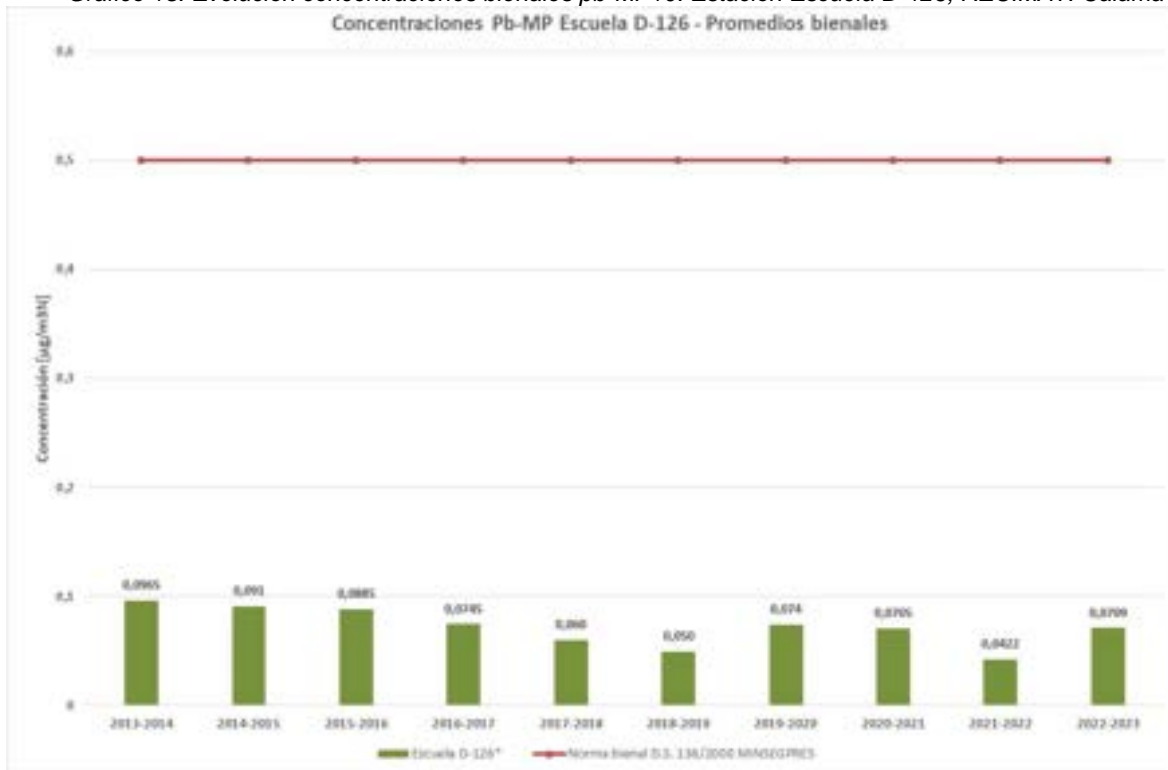
Gráfico 12. Evolución concentraciones bianuales pb-MP10. Red SINCA-MMA Calama



Fuente: Elaboración propia. Datos Red SINCA-MMA Calama.

En la gráfica 12, se puede apreciar, que la norma primaria de calidad del aire, para el plomo en MP10, se cumple ampliamente, la Estación que cuenta con la mayor concentración bienal (2022-2023), corresponde a la Estación Colegio Pedro Vergara Keller, con un valor de 0,076 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que equivale al 15,2 % de la norma.

Gráfico 13. Evolución concentraciones bienales pb-MP10. Estación Escuela D-126, RECIMAT. Calama



En la gráfica 13, se muestran los resultados de la Estación Escuela D-126, los cuales indican que no existe superación de la norma, alcanzando el mayor valor, en los últimos 4 bienios, para el período 2019-2020, con una concentración de 0,074 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que equivale al 14,8 % de la norma.

Es necesario señalar que los valores son de carácter referencial, ya que los monitoreos corresponden a 4 campañas de 1 mes de duración, los valores muestran una tendencia de mantención de las condiciones de la calidad del aire, correspondiendo el último período de promedio de concentraciones bienal de plomo (2022-2023), implicó un aumento de las concentraciones, con un valor de 0,0709 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, que representa un incremento del 68 %, respecto del período anterior (2021-2022), sin embargo, este valor corresponde al 14,2 % del valor normado.

Respecto de los niveles de calidad del aire, para este parámetro contaminantes, se puede concluir que no existe riesgo para la salud de la población, ya que los niveles actualmente monitoreadas, se encuentran en niveles inferiores al 15 % del valor normado.

Es necesario señalar, que se dio inicio al procedimiento para modificar la NPCA de plomo en MP10, con la finalidad de proceder a su revisión, ya que su actual norma data del año 2000, y estas, conforme lo señala el reglamento ad-hoc, deben ser revisadas cada 5 años.

2.5 Análisis de la modelación de calidad del aire vs datos monitoreados.

En el marco del cumplimiento del PdC, el que fue invalidado por el 1TA, en el marco del cumplimiento de las acciones del proceso sancionatorio D-031-2020, se realizó la modelación de la calidad del aire para el contaminante plomo en material particulado (Pb-MP10), cuyos resultados se muestran en la figura siguiente, para las concentraciones anuales, dicho informe se adjunta en el “**Anexo 1.2. Informe Modelación Calidad del Aire**”.

Dicha modelación se realizó con un supuesto conservador, ya que se utilizó como valor de emisión la norma referencial mexicana, correspondiente a $2,0 \text{ mg/m}^3$, por cada fuente de emisión, que es un valor muchas veces mayor que nuestras emisiones reales.

Figura 4. Curvas de isoconcentración norma anual modelación Pb-MP10.



Fuente: Elaboración propia en Google Earth.

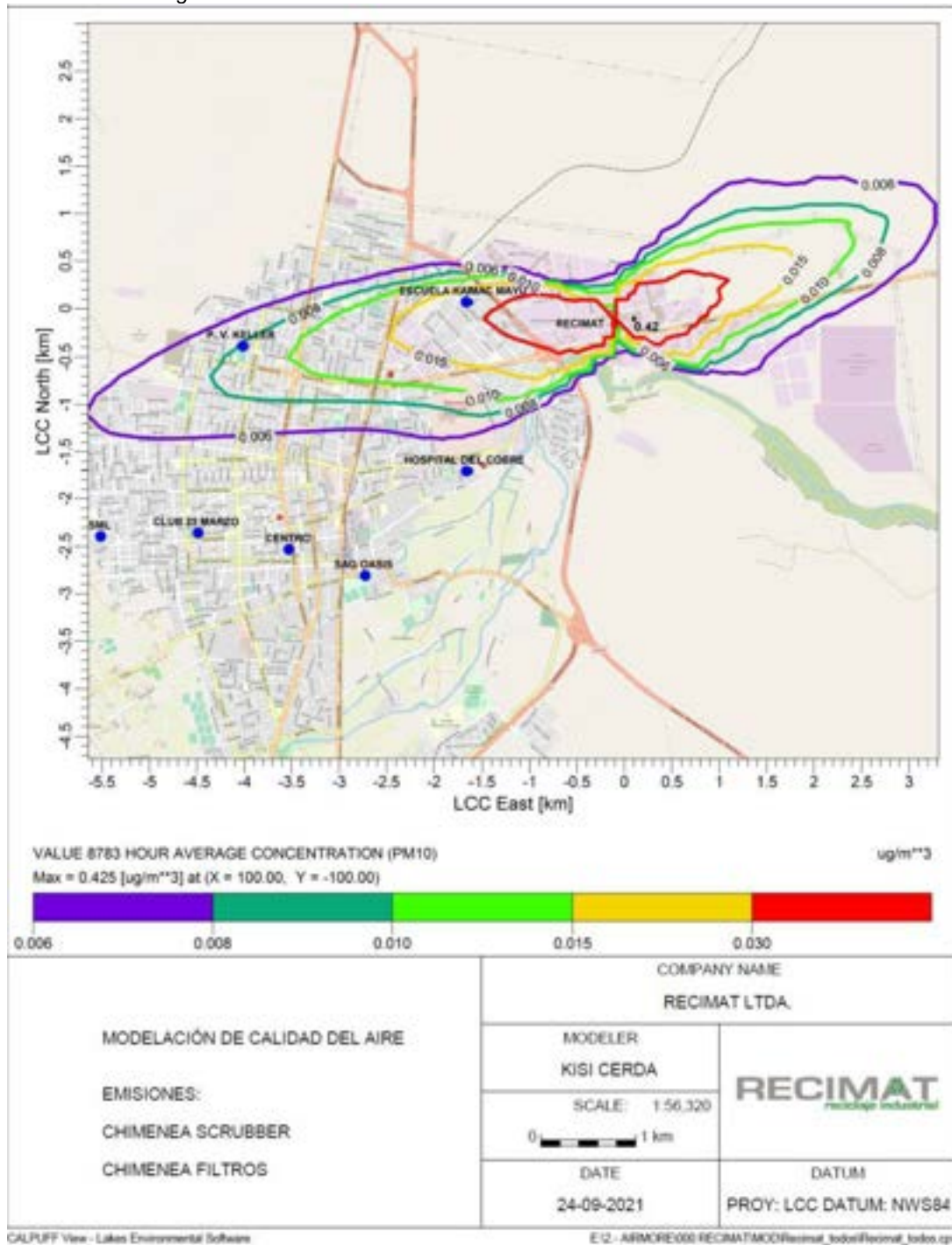
En la Figura 3, es posible observar que el efecto de las emisiones de plomo de RECIMAT, se circunscribirían a un radio no mayor a 2 km de las chimeneas 1 y 2, que son las fuentes de emisión de plomo.

El valor del punto de máximo impacto se localiza muy próximo a RECIMAT, en el sector de puerto seco, sector no residencial.

En las figuras siguientes, se muestran acercamientos de las curvas de isoconcentración, donde se puede apreciar que la Estación Escuela D-126, se localiza al interior de éstas, y además, hay que considerar que el valor modelado de concentración anual de plomo en MP es de $0,01 \text{ µg/m}^3$, y el valor promedio medido durante las 4 campañas de monitoreo corresponde a $0,0705 \text{ µg/m}^3$, situación que puede explicarse en que los resultados de la modelación utilizan los parámetros meteorológicos de un año calendario y las concentraciones medidas solo a 4 campañas de un mes, con una representatividad del 33,3% de los datos.

Este aporte a las concentraciones es de baja magnitud

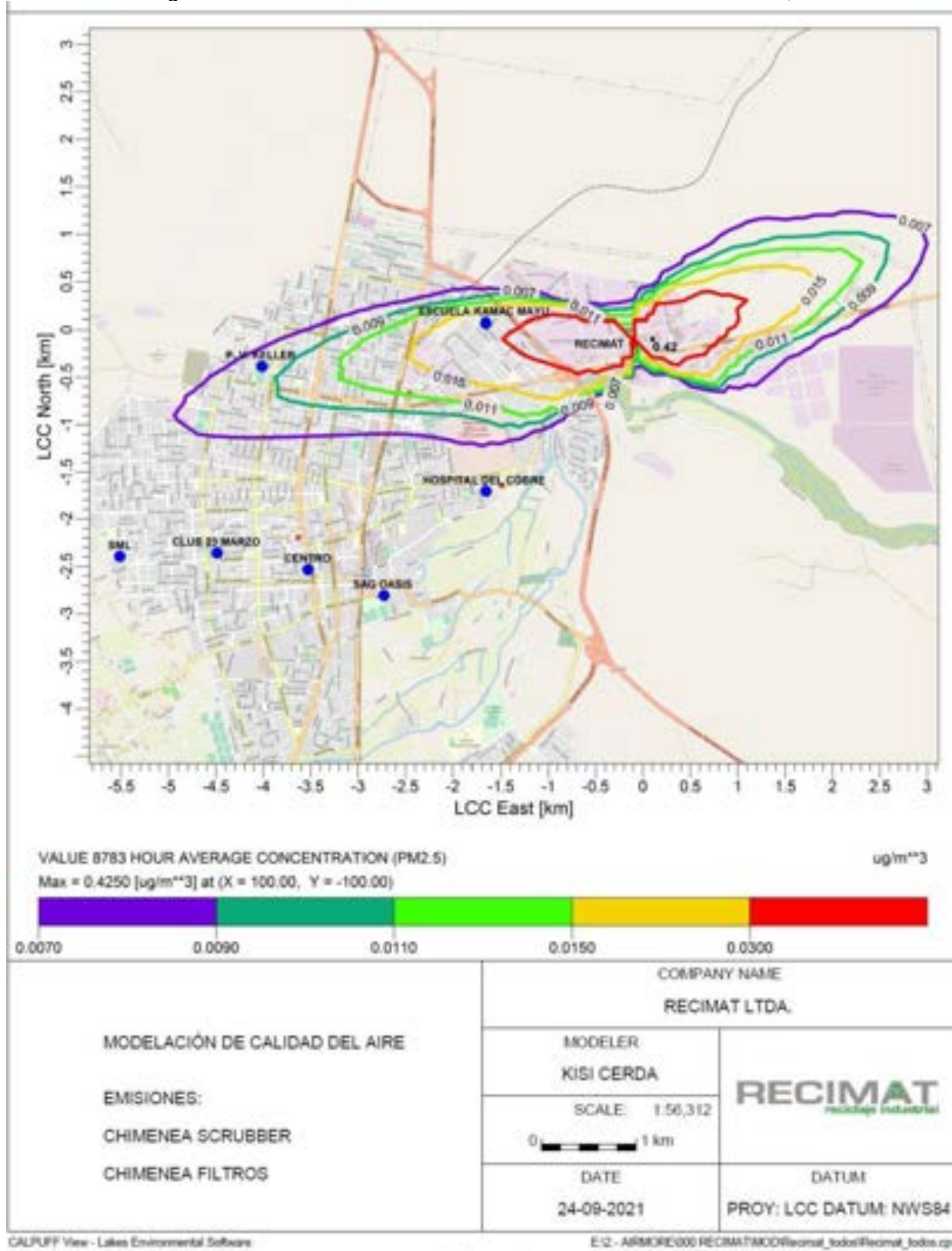
Figura 5. Curvas de isoconcentración norma anual modelación MP10.



Fuente: Informe Modelación Calidad del Aire (Anexo 1.2)

En la figura 5, se puede apreciar, que el aporte de RECIMAT a las concentraciones anuales de MP10, en el escenario conservador es de baja magnitud. En especial en el punto receptor de la Escuela D-126 Kamac Mayu, que corresponde a un máximo de 0,015 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

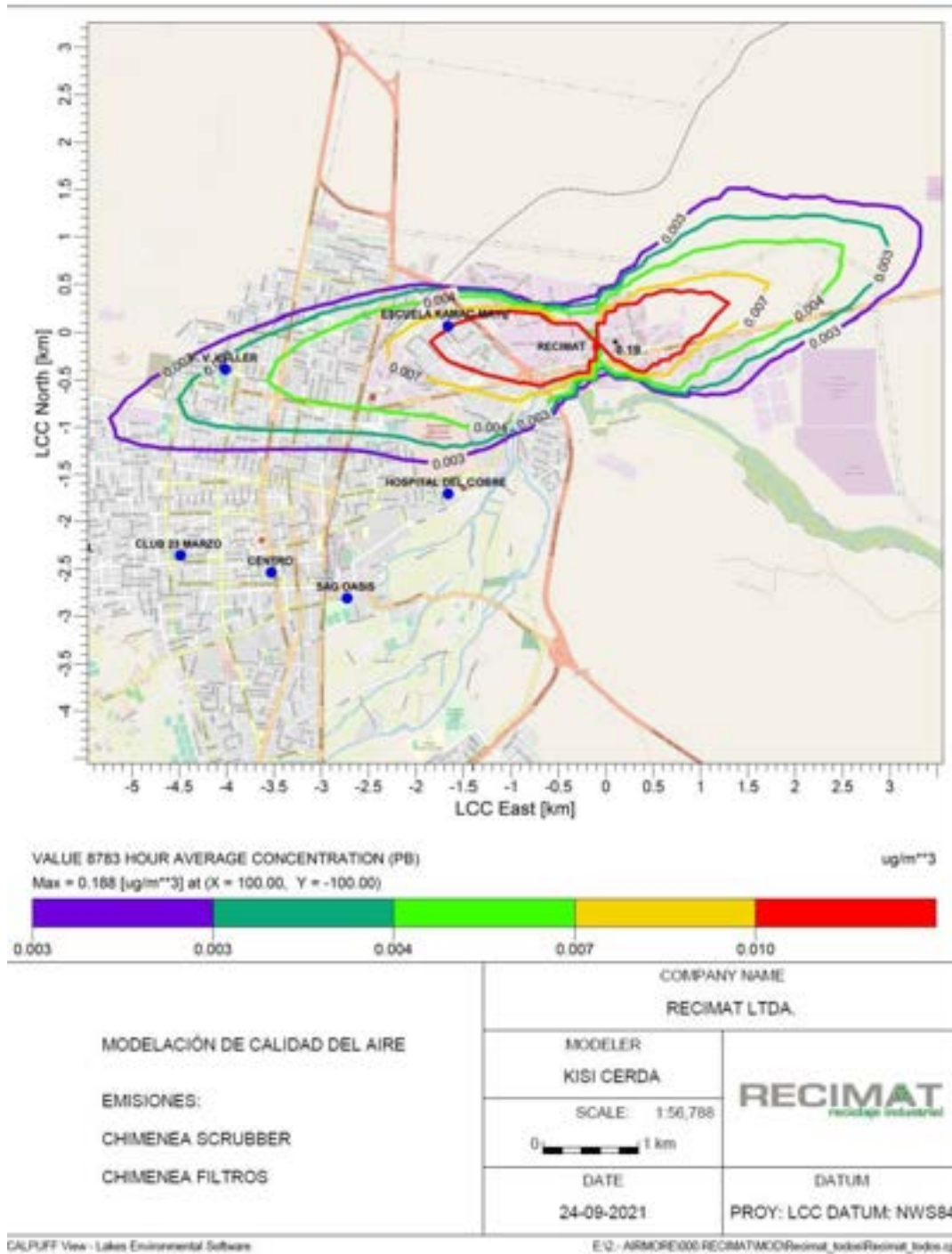
Figura 6. Curvas de isoconcentración norma anual modelación MP2,5.



Fuente: Informe Modelación Calidad del Aire (Anexo 1.2.)

En la figura 6, se puede apreciar, que el aporte de RECIMAT a las concentraciones anuales de MP2,5, en el escenario conservador es de baja magnitud. En especial en el punto receptor de la Escuela D-126 Kamac Mayu, que corresponde a un máximo de 0,015 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 7. Curvas de isoconcentración norma anual modelación Pb-MP10.



Fuente: Informe Modelación Calidad del Aire (Anexo 1.2.)

En la figura 7, se puede apreciar, que el aporte de RECIMAT a las concentraciones anuales de Pb-MP, en el escenario conservador es de baja magnitud. En especial en el punto receptor de la Escuela D-126 Kamac Mayu, que corresponde a un máximo de 0,007 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

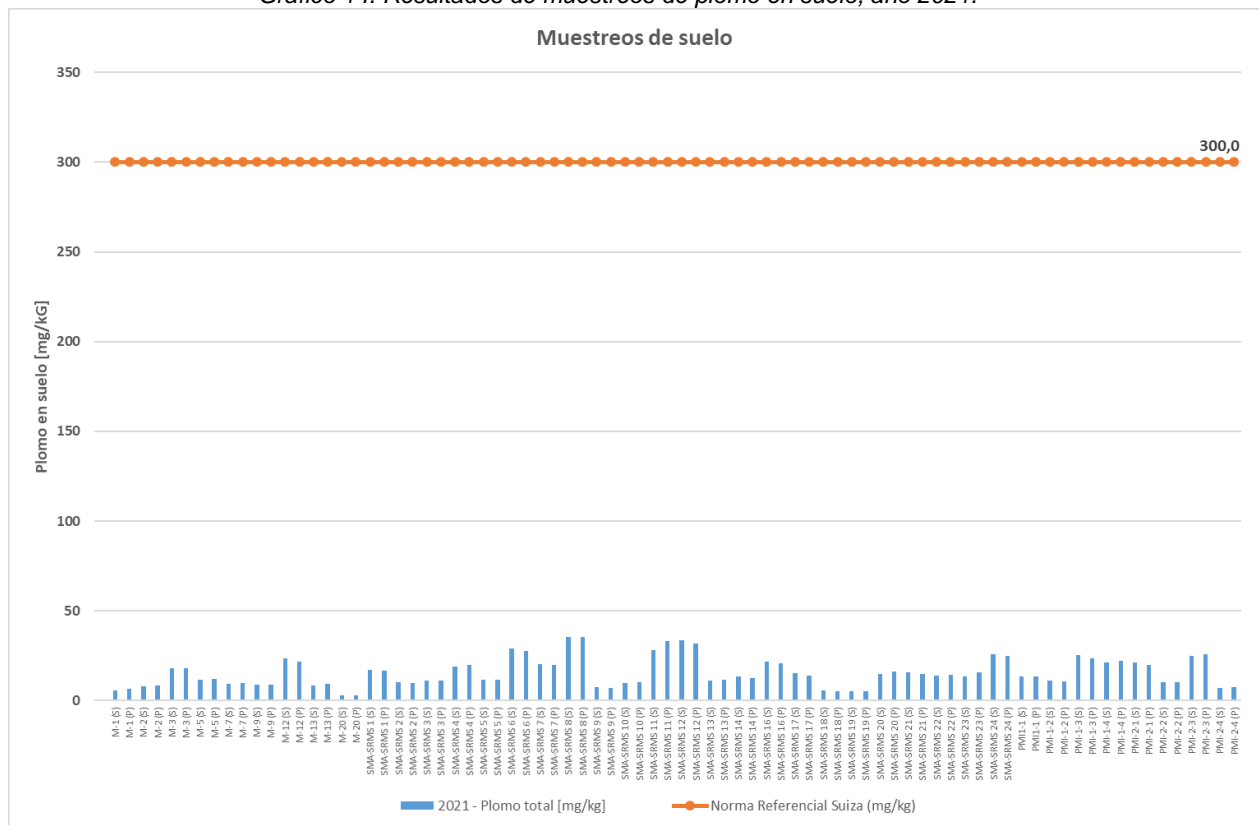
3 ANALISIS MUESTREO DE PLOMO EN SUELOS.

En el marco del cumplimiento del PdC que fue anulado por el Honorable Primer Tribunal Ambiental (1TA), se realizaron acciones con relación al Hecho Infracional N° 2, que comprendió una campaña de muestreo de plomo en suelos, en 40 puntos, con mediciones a nivel superficial (10 cm) y profundo (20 cm).

Los resultados resumidos se adjuntan en el “**Anexo 1.3. Resumen ejecutivo informes de muestreo y análisis de muestras de suelo – ALS LIFE SCIENCES CHILE**”, y en los gráficos siguientes, se muestran las comparaciones de estos análisis de plomo en suelo, para el total de los puntos de muestreo, los puntos de muestreo superficial, los puntos de muestreo profundo, y los puntos de muestreo correspondiente a los puntos de máximo impacto (PMI) de la modelación atmosférica.

Estos muestreos y análisis de plomo en suelo, fueron ejecutados por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA), con acreditación vigente.

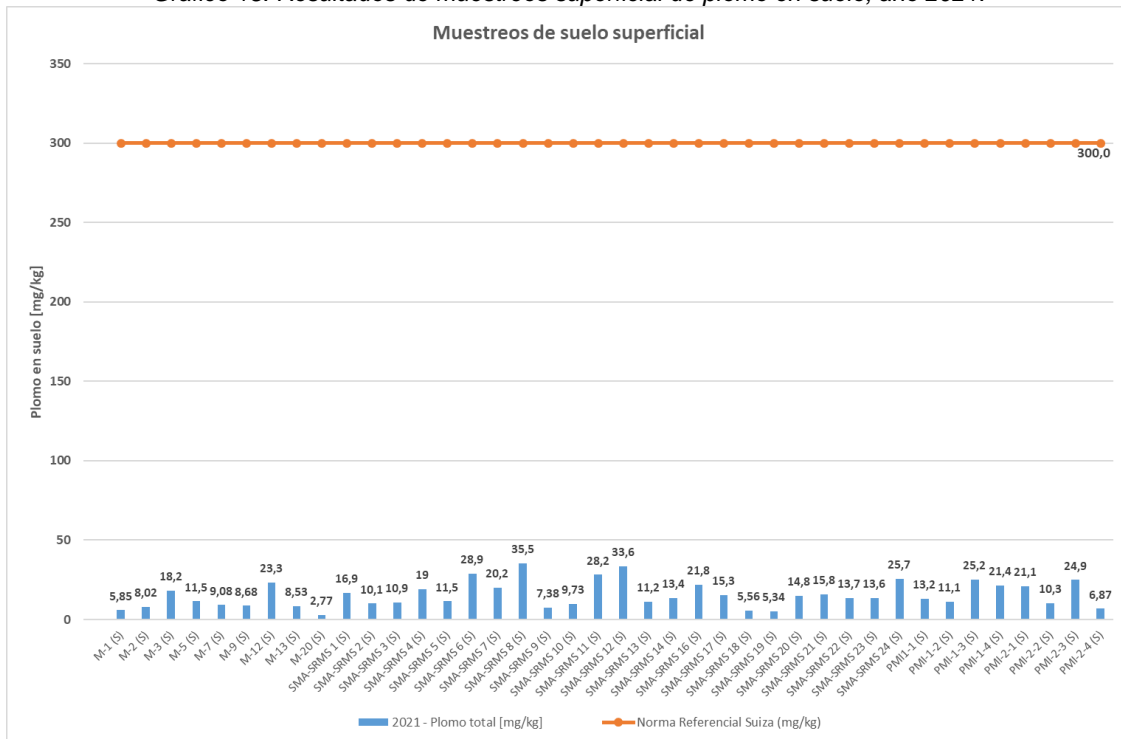
Gráfico 14. Resultados de muestreos de plomo en suelo, año 2021.



Fuente: Elaboración propia resultados de los análisis de plomo en suelo.

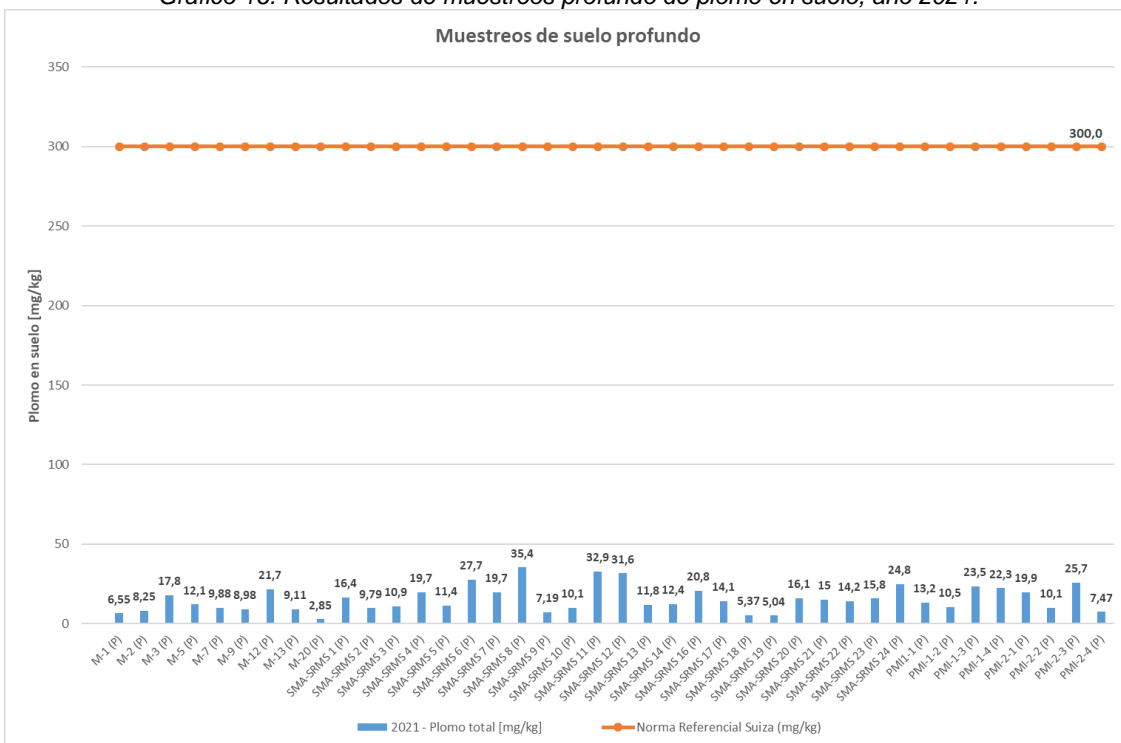
En la gráfica 14, se puede apreciar, que los valores de plomo en suelo, en las 40 muestras realizadas, en el año 2021, son inferiores al valor establecido como límite en la RCA.

Gráfico 15. Resultados de muestreos superficial de plomo en suelo, año 2021.



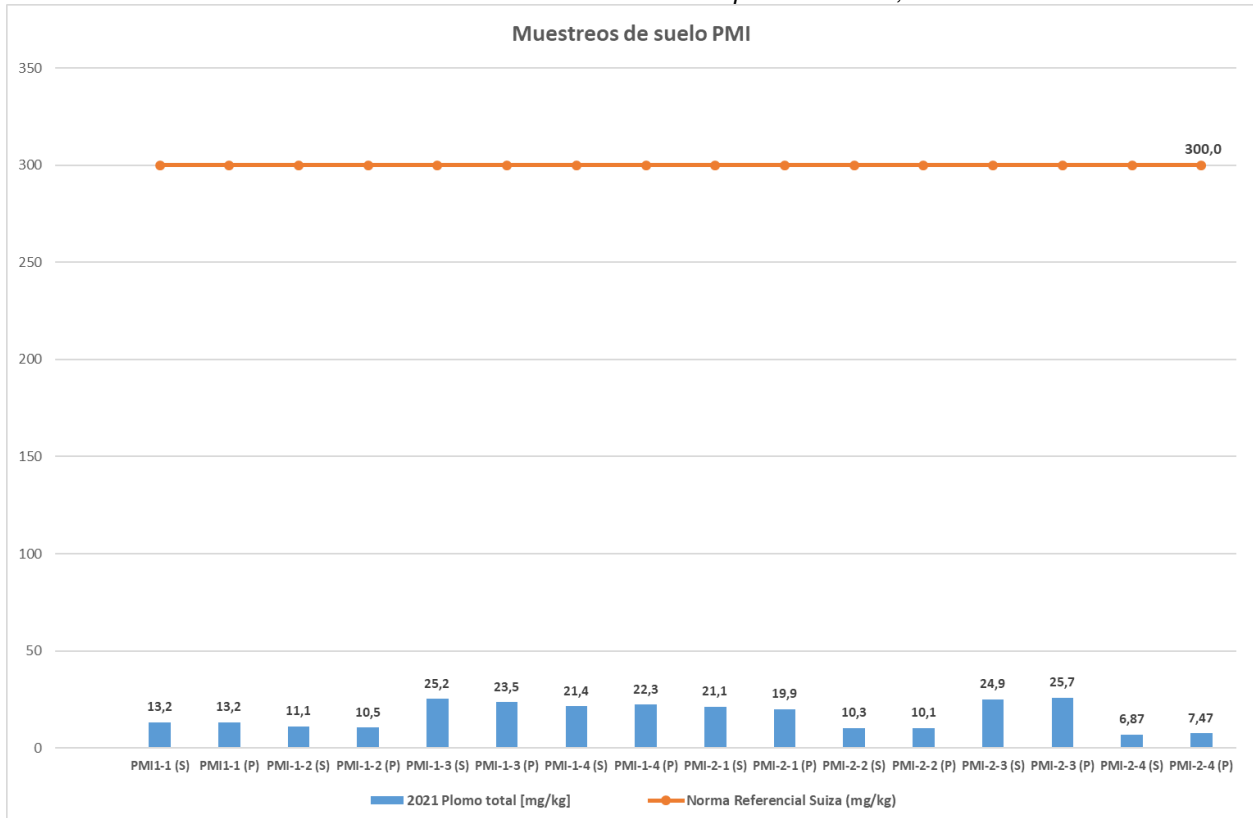
Fuente: Elaboración propia resultados de los análisis de plomo en suelo.

Gráfico 16. Resultados de muestreos profundo de plomo en suelo, año 2021.



Fuente: Elaboración propia resultados de los análisis de plomo en suelo.

Gráfico 17. Resultados de muestreos en PMI de plomo en suelo, año 2021.



Fuente: Elaboración propia resultados de los análisis de plomo en suelo.

En las gráficas mostradas, es posible apreciar que los valores obtenidos, son muy inferiores al límite referencial establecido en la letra a) de la Tabla del numeral 2 de la Adenda de la DIA del proyecto “Recicladora y Refinadora de Residuos Mineros y Metales no Ferrosos”, RCA 125/2004 de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta.

4 CONCLUSIONES.

- Los resultados obtenidos de los muestreos isocinéticos, para MP10, muestran valores que indican que se cumplirá con actual y la futura norma regulada en la Resolución Exenta N° 204-2024 que “Aprueba medidas provisionales en conformidad con el artículo 43 bis de la Ley N° 19.300 y medidas complementarias para la zona saturada de la ciudad de Calama y su área circundantemente”. Lo anterior, sobre la base de las mejoras que se han ido implementando en la fundición RECIMAT.
- Los resultados obtenidos de los muestreos isocinéticos, para Plomo en MP10 (Pb-MP10), muestran valores que indican que se cumplirá con la norma referencial de la norma de emisión mexicana, y que incluso sus valores son muy bajos en comparación a ésta.
- Con relación a los valores de calidad del aire para el MP10, todas las estaciones, muestran un mejoramiento de la calidad, en comparación con los años, en los cuales se decretó la zona saturada.
- Con relación a los valores de calidad del aire para el Pb-MP10, los valores medidos indican un claro cumplimiento de la norma.
- Con relación a la modelación de la calidad del aire, para MP10 y Pb-MP10, para un escenario muy conservador, correspondiente al límite de emisión de la norma mexicana de referencia, los aportes de RECIMAT, son muy menores.
- Los resultados obtenidos de los muestreos de plomo en suelo, a nivel superficial y profundo, indican valores muy debajo de la norma referencial. Los mayores valores se registraron en los puntos de muestreo PMI, los cuales se sitúan cercanos a la fundición, y que serán objeto de seguimiento en el PdCR.



ANEXO 1.1. REPORTE ESTIMACIÓN DE EMISIONES FUGITIVAS (EEF)

**PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO REFUNDIDO 03-07-24
PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO D-031-2020.
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE.**

**CALAMA
03 DE JULIO DE 2024.**

ANEXO 1.1
REPORTE ESTIMACION EMISIONES
FUGITIVAS

RECIMAT LTDA.

JUNIO 2024

Este documento es una creación de la empresa AAIR Ambiental, su contenido está amparado por la ley 17.336, pudiendo utilizarse sólo para los fines del servicio Contratado.

INDICE

1. INTRODUCCION	Pag 4
2. ORIGEN EMISIONES FUGITIVAS	Pag 5
3. ORIGEN DEL ANALISIS	Pag 6
4. DESARROLLO METODOLOGICO	Pag 11
4.1 Datos Primarios	
4.2 Arquitectura Cálculos	
5. EMISIONES FUGITIVAS MP10 Y PLOMO	Pag 16
ANEXOS	Pag 17

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Figura 1 : Layout Tren de Gases RECIMAT	Pág 5
Gráfico 1 : Concentraciones Escoriado	Pág 13
Gráfico 2 : Concentraciones Horno	Pág 13
Gráfico 3 : Distribución Concentraciones Escoriado 2021-2023	Pág 15
Gráfico 4 : Distribución Concentraciones Horno 2021-2023	Pág 16

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Origen Emisiones Fugitivas	Pág 5
Tabla 2 : Denominación de Fuentes	Pág 8
Tabla 3 : Resumen de Datos 2021-2023	Pág 8
Tabla 4 : Concentraciones Material Particulado	Pág 9
Tabla 5 : Parámetros Estadísticos Concentraciones Material Particulado	Pág 11
Tabla 6 : Caudales 2021-2023	Pág 11
Tabla 7 : Emisiones de Particulado 2021-2023	Pág 11
Tabla 8 : Producción 2021-2023	Pág 14
Tabla 9 : Ciclo Operacional 2021-2023	Pág 14
Tabla 10 :Factor Emisión Operacional	Pág 14
Tabla 11 :Factor Emisión AP42	Pág 15
Tabla 12 :Emisión MP10 y Plomo en Base AP-42	Pág 15
Tabla 13 :Estimaciones Emisiones Fugitivas MP10 y Plomo	Pág 16

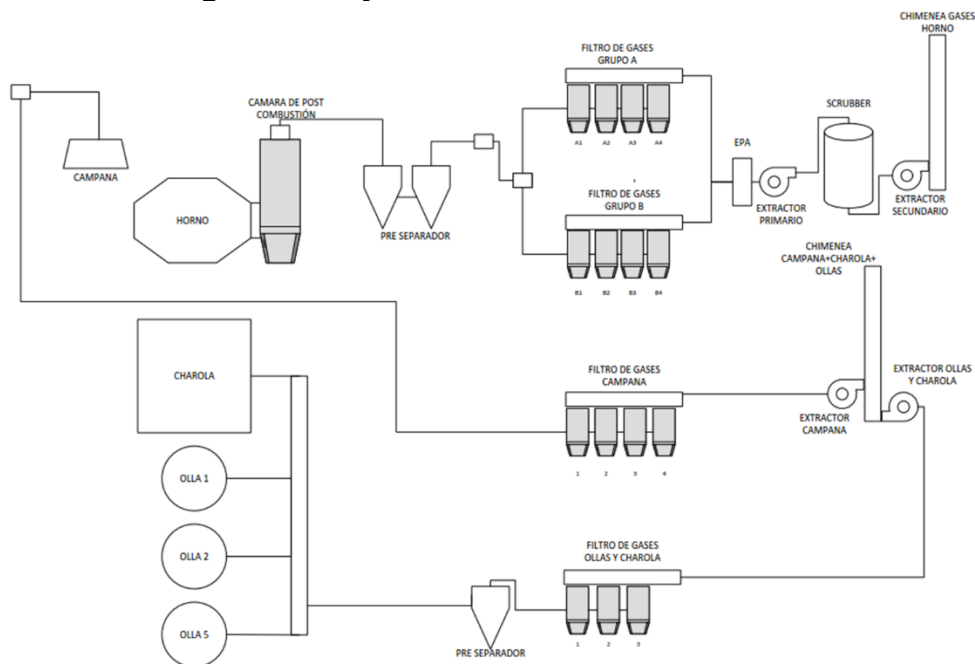
1. INTRODUCCION

Como es sabido el concepto Emisiones Fugitivas, tiene relación con el conjunto de acciones operacionales que son desarrolladas en una instalación, y que no pueden ser conducidas o captadas para ser llevadas a una unidad de tratamiento, previo a su descarga al ambiente.

En el caso particular de RECIMAT, se recurre a una actividad de fusión de pastas de plomo, que requiere alcanzar una temperatura al interior del Horno en torno a los 300°C, ello con objeto de obtener una reducción de las especies indeseadas en el baño de químico de plomo fundido. Esto hace que una cantidad importante de especies se manejen posteriormente, en la colada de escoria, como un sólido estéril y con contenido de especies diversas que no son despachadas a la atmosfera como polución.

De igual forma, el resto de las operaciones de manipulación de la masa fundida, se realiza bajo unidades independientes de captación y conducción de gases, que principalmente son del tipo gaseosas¹, y que poseen emisiones de particulado casi inexistentes. La figura adjunta representa el despliegue Layout del tren de gases RECIMAT.

Figura 1 : Layout Tren de Gases RECIMAT



¹ Debido a que en dicha etapa del proceso no existe emisión de particulado, básicamente esta parte del sistema de tratamiento del efluente, tiene por objeto principal, otorgar condiciones de mayor bienestar a las condiciones de los trabajadores en la nave principal.

El actual sistema de tren de gases consta de un diseño cuyo concepto busca la recuperación al máximo, por sobre el 99%, de cualquier especie que pudiera ser conducida en el flujo de gases. Los flujos de gases de los Hornos de Fusión H1 y H2, culminan su trayectoria en una compleja unidad de tratamiento de polvos, del tipo Filtro de Mangas, con las siguientes características :

- Filtro Modelo Alta Presurización, cajas individuales.
- Un total de 800 Mangas, material 100% teflón, con termofijado.
- Mangas con Textura de filtrado a tamaño granulométrico $1 \mu\text{m}$, valor promedio..
- 99,5 % de Eficiencia de Diseño Filtro.

AL final del sistema de filtrado existe una unidad Scrubber, a objeto de reducir gases y finos.

Con respecto a la otra unidad de captación, cucharas y ollas, principalmente maneja gases emitidos durante los traspasos involucrados durante el proceso.

2. ORIGEN EMISIONES FUGITIVAS

A partir del análisis de las condiciones de operación del proceso, se pueden advertir 3 etapas, que son las siguientes :

- Etapa 1, Secado de carga, 90 minutos app.
- Etapa 2, Reducción y secado de la carga, 180 minutos app.
- Etapa 3, Colada (incluye escoria y metal líquido), 30 minutos app.

Producto del análisis operacional, plan de mejoras y correcciones de Layout del tren de gases, se han identificado 3 instantes operacionales, que eventualmente pueden generar Emisiones Fugitivas (EF), que son :

- Etapa carguío del horno, mediante empleo de cuchara de carga.
- Etapa de instalación de canaleta² de descarga en el Horno.
- Etapa transporte de horno a pozo de escoria³

La tabla adjunta representa lo expresado.

² Dicha canaleta permite la evacuación desde el horno de la escoria y posteriormente del metal fundido.

³ La Depositación de enfriamiento se realiza en cámara totalmente encapsulada cuyos gases son captados y transportados a sistema de filtrado de gases.

Tabla 1 : Origen Emisiones Fugitivas

Origen Emisión Fugitiva	Duración, min	Característica de la EF
Carguío	8	Particulado
Canaleta	4	Gases y Débil Particulado
Transporte Escoria	20	Gases y Débil Particulado

Fuente : Elaboración Propia

3. OBJETIVO DEL ANALISIS

El objetivo del presente análisis es :

- Identificar el origen de las Emisiones Fugitivas de MP10 y Pb-MP10.
- Estimar cuantitativamente las Emisiones Fugitivas de MP10 y pb-MP10, años 2021-2023.
- Exponer la metodología empleada para dichas estimaciones.

De manera subyacente a lo anterior se ha recurrido a la siguiente data de información:

- producción asociada en toneladas, periodo 2021-2023.
- Layout de instalaciones del periodo
- Catastro de eficiencia de equipos de colección de polvos.
- Data de Caracterización química por plomo, origen bibliográfico.
- Data de mediciones isocinéticas y pruebas asociadas del periodo.

4. DESARROLLO METODOLOGICO

En términos de la estructura de la configuración de la estimaciones de las emisiones fugitivas, se tendrá en consideración los siguientes datos :

- Flujo de gas primario de gases, m³N/h
- Concentración de MP en tren primario de gases, mg/m³N.
- Carga de MP en tren primario de gases.
- Captura de gases en sistema de colección, %.
- Emisiones en kg/h.
- Ciclos del horno y/o proceso, día.

4.1 Datos Primarios

RECIMAT se encuentra afecta a un serie de exigencias de cumplimiento ambiental, entre ellas el desarrollo de mediciones isocineticas de carácter oficial. Un elemento de partida a la Estimación de las Emisiones Fugitivas, EEF, es precisamente dicha data.

A continuación se presenta un análisis, esencial, para obtener una configuración del comportamiento de los datos y de su validez en términos de representatividad.

Se presentan los datos agrupados en dos grandes ítems, Escoriado y Horno. Cuando hablamos de uno y otro debe entenderse lo representado en la tabla adjunta.

Tabla 2 : Denominación de Fuentes

Denominación	Detalle de Fuentes	Tipo de Emisiones
Escoriado	Charola, Campanas y Ollas; HR-FS-38267/HR-FS-3838273/CH-FS-38260/AB-FS-38278/AB-FS-38279	Esencialmente Gases
Horno	Horno Fusión 1, Horno Fusión 2, sALIDA Scrubber; HR-FS-38257/HR-FS-38259/AB-FS-38275	Esencialmente Particulado y Gases

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, cuando se presenten los datos con la denominación Escoria, se debe entender que se encuentra involucradas todas las fuentes indicadas en la tabla anterior, etc.

Todos los datos que se presentan a continuación se encuentran sustentados en mediciones oficiales.

Tabla 3
Resumen de Datos, 2021-2023⁴

Año	Semestre	Parámetro	Escoria	Horno Fusión
2023	1er	Concentración	10,0	4,6
		Emisión	0,24	0,1
		Caudal	23585,3	20983,0
		Temperatura	70,7	40,3
	2do	Concentración	3,1	4,3
		Emisión	0,03	0,1
		Caudal	10965,3	28816,7
		Temperatura	67,3	34,3
2022	1er	Concentración	3,6	9,9
		Emisión	0,1	0,2
		Caudal	21429,3	22279,7
		Temperatura	39,7	66,7
	2do	Concentración	1,8	2,2
		Emisión	0,0	0,0
		Caudal	15295,7	22295,0
		Temperatura	42,0	55,2
2021	1er	Concentración	4,1	3,7
		Emisión	0,1	0,1
		Caudal	15659,7	21968,0
		Temperatura	54,3	51,7
	2do	Concentración	7,5	1,3
		Emisión	0,1	0,0
		Caudal	15529,0	20916,7
		Temperatura	57,7	54,5

Fuente : Informes Oficiales Laboratorio AXIS⁵

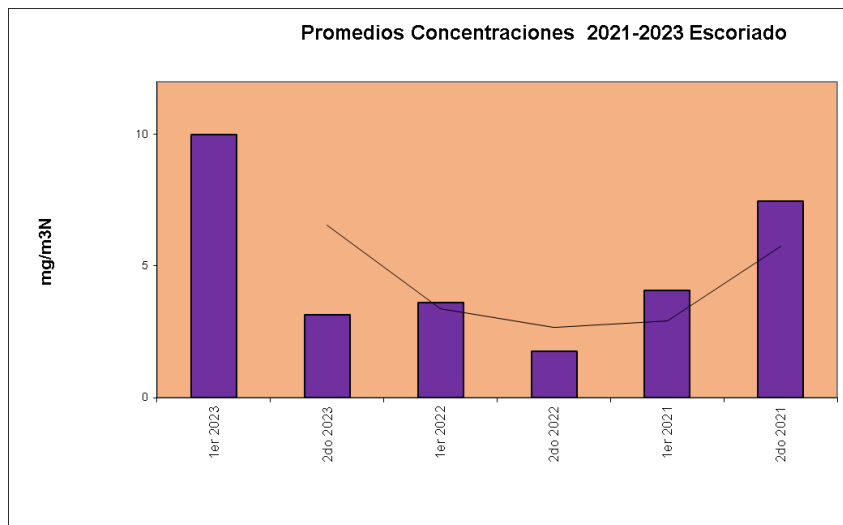
⁴ Valores promedios con origen informes :
23.04.046/23.04.047/23.10.131/23.10.132/22.10.134/22.10.135/22.05.057/22.05.58/521.11.159/521.11.160/521.05.072/521.05.073.

⁵ OI268-LE481, Acreditación INN-CHILE.

Como se sabe los métodos de medición que han sido empleados se encuentran respaldados por los estándares de los CFR de la USEPA, y consideran los acápites a cada caso.

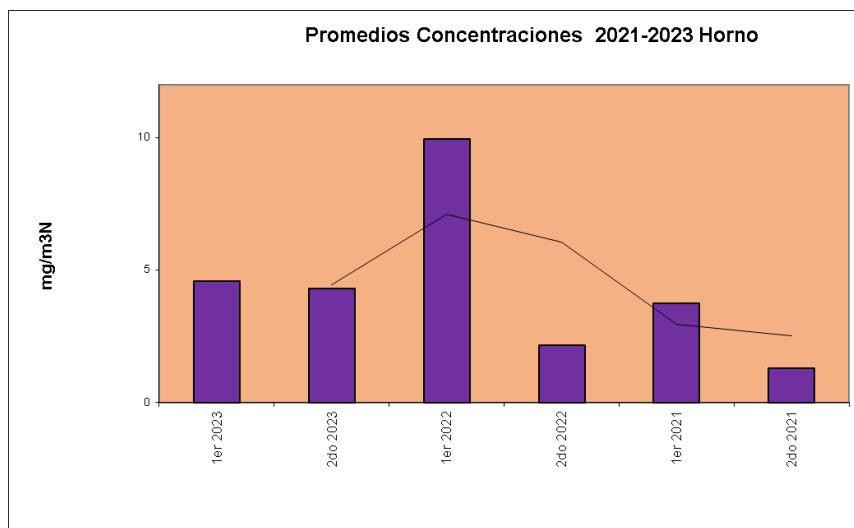
A continuación se representan gráficamente las concentraciones⁶ de Escoriado y Horno.

Gráfico 1: Concentraciones Escoriado



Fuente : Elaboración Propia

Gráfico 2: Concentraciones Horno



Fuente : Elaboración Propia

⁶ Medidas en la salida de cada una de las chimeneas, independientes una de otra.

Un aspecto a considerar, tiene relación con el total de las concentraciones obtenidas en todas las mediciones oficiales efectuadas desde el año 2021 al 2023. Es decir, el total de corridas incluidas en el periodo, un total de 12. La tabla adjunta representa dichos valores de manera absoluta.

**Tabla 4 :Concentraciones Material Particulado, mg/m³N
Recimat Periodo 2021-2023**

N° Dato	Escoriado	Horno
1	14,5	4
2	8,5	4,3
3	7,0	5,4
4	2,1	5,2
5	3,6	4,2
6	3,7	3,5
7	3,6	8,7
8	3,6	10,9
9	3,7	10,2
10	2,3	2,5
11	1,5	1,3
12	1,5	2,7
13	3,3	3,2
14	4	4,3
15	4,9	3,7
16	6,9	1,7
17	6,3	0,9
18	9,2	1,3

Fuente : Datos Oficiales de Mediciones

El manejo estadístico del conjunto de datos de la tabla anterior se presenta a continuación.

**Tabla 5: Parámetros Estadísticos Concentraciones Material Particulado,
mg/m³N, 2021-2023**

Parámetro	Escoriado	Horno
Promedio	5,0	4,3
Destandar	3,28	2,91
Max	14,5	10,9
Mediana	3,7	3,9

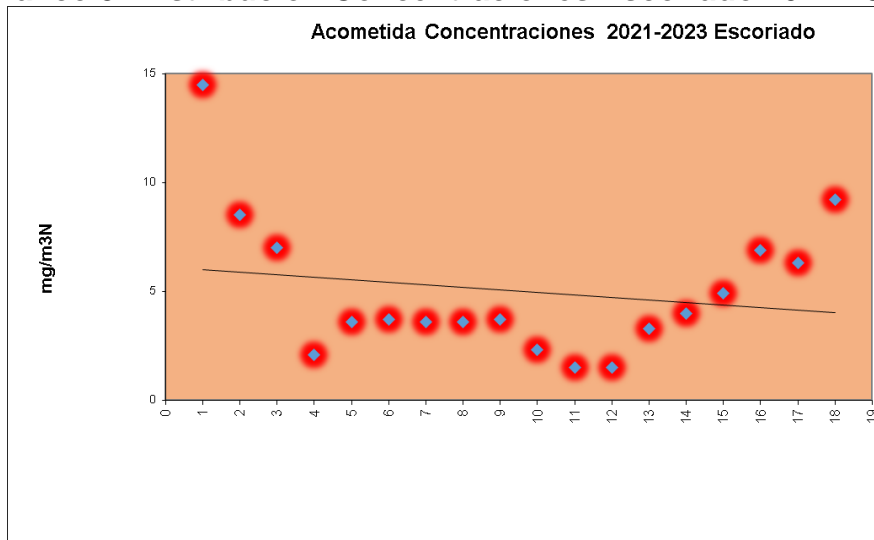
Fuente : Elaboración Propia

La concentración promedio del Escoriado, medida en su chimenea de salida es de 5,0 mg/m³N, y de 4,3 mg/m³N en el Horno. Los valores de Desviación Estandar y Mediana, garantizan la representatividad de las pruebas efectuadas en su momento.

Si se consideran los datos con sesgo (en amarillo) por sobre el comportamiento más armónico, se tiene que los promedios bajan a 4,5 y 3,6 mg/m³N Escoriado y Horno, respectivamente. Mientras que la mediana tiene valores de 3,7 y 3,6 mg/m³N, lo que es indicativo que los valores sesgados tienen un efecto limitado sobre el comportamiento global para ambos procesos.

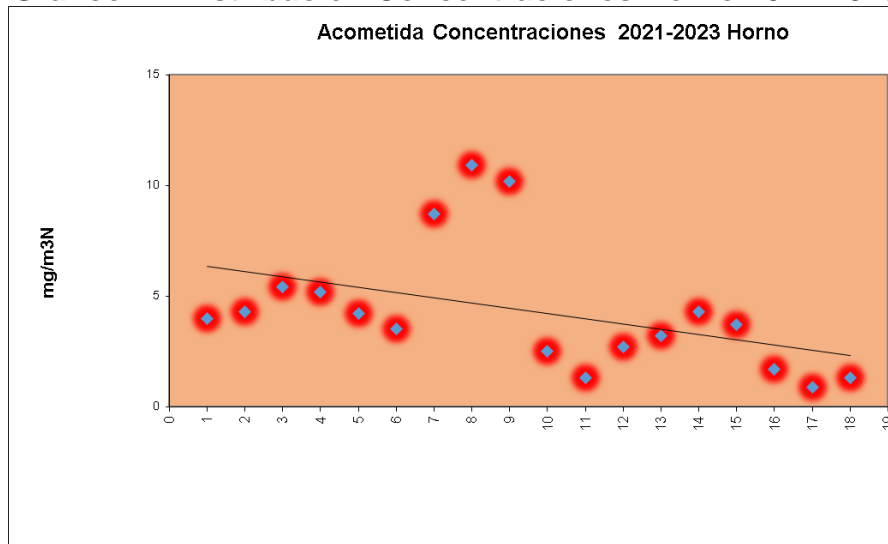
Las gráficas adjuntas permiten visualizar la representatividad de los datos.

Gráfico 3: Distribución Concentraciones Escoriado 2021-2023



Fuente : Elaboración Propia

Gráfico 4 : Distribución Concentraciones Horno 2021-2023



Fuente : Elaboración Propia

Ambas representaciones espaciales, tanto Escoriado como Horno, indican la validez de los valores, y la tendencia a la baja en las concentraciones. Ello de acuerdo a la curva de tendencia lineal.

Tabla 6: Caudales m³N/h, Recimat 2021-2023

N° Dato	Escoriado	Horno
1	23.311	21.025
2	23.605	20.961
3	23.836	20.963
4	10.923	28.774
5	10.956	28.756
6	11.017	28.920
7	21.643	22.170
8	21.513	22.376
9	21.132	22.293
10	15.347	21.932
11	15.218	22.447
12	15.322	22.506
13	15.602	22.023
14	15.640	21.910
15	15.737	21.971
16	15.546	20.876
17	15.544	20.971
18	15.497	20.903
Promedio	17.077	22.877

Fuente : Mediciones Oficiales

Los caudales promedios para Escoriado y Horno, poseen valores promedios de 17.077 y 22.877 m³N/h.

4.2 Arquitectura de Cálculos

La expresión básica de las EF, corresponde a la expresión de la Emisión de material particulado.

La expresión de cálculo elemental es la siguiente :

$$(1) \quad E_i = C_i \times Q_i$$

Donde :

E_i = Emisión Proceso " i", en kg/h.

C_i = Promedio Concentración Proceso "i", en mg/m³N.

Q_i = Promedio Caudal Proceso "i", en m³N/h.

Tabla 7 : Emisiones de Particulado, 2021-2023

Parámetro	Proceso i	
	Escoriado	Horno
Concentración, mg/m ³ N	5,0	4,3
Caudal, m ³ N/h	17.077	22.877
Emisión, kg/h	0,09	0,10

Fuente : Elaboración Propia

a) Construcción de Factor de Emisión Operacional

A partir de las recomendaciones de lo contenido en el AP-42, acerca de la estimación de un factor de emisión, usaremos la siguiente expresión de cálculo :

$$(2) \quad FE_i = E_i / P_i$$

Donde :

FE_i = Factor de Emisión Proceso " i", en kg/ton.

E_i = Emisión Proceso "i", en kg/h.

P_i = Producción Proceso "i", en ton/h.

Para el caso en concreto, la tabla adjunta incluye la data de producción del periodo

Tabla 8 : Producción, 2021-2023

Año	Carga Hornos, kg	Charolas,kg	Ollas, kg
2021	28.574.343	5.135.196	15.320.193
2022	29.735.450	5.154.214	14.002.288
2023	27.413.235	5.116.978	14.619.037
Total Periodo, ton	85.723.028	15.406.388	43.941.518
Promedio Periodo	48.356.978		

Fuente : Data Operacional RECIMAT

Por otro lado, la tabla siguiente detalla el ciclo operacional de carga de todo el proceso.

Tabla 9 : Ciclo Operacional, 2021-2023

Parámetro	Unidad	Valor
Total Operación, anual	Horas	7.968
Duración Ciclo	Horas	5
Total Ciclos, anual	Unidad	1.594
Carga Horno Total Anual	Ton	48.357
Carga Horno por Ciclo	Ton	30

Con dicha información, estamos en condiciones de construir un factor de Emisión propio de RECIMAT, que para efectos del presente documento denominaremos Factor de Emisión Operacional.

Tabla 10 : Factor Emisión Operacional⁷

Parámetro	Escoriado	Horno
Emisión Operacional, kg/h	0,086	0,099
Emisión Operacional, ton/año	0,682	0,790
Factor Emisión Operacional, ton MP _{Emitido} /ton _{Carga}	0,000014	0,026030

Fuente : Elaboración Propia

Este Factor de Emisión Operacional, debe ser entendido como las emisiones que actualmente son emitidas desde la chimenea, con las condiciones de control de polución actualmente implementadas y mejoradas. (Ello fue presentado en el inicio del presente documento). Y tienen relación con un sistema productivo cuya categoría es, según las EPA, emisiones bajo control de polución. Que en este caso se traducen

⁷ Este Factor de Emisión corresponde a la tasa real en RECIMAT en base a sus propias Emisiones y producción.

en que cada tonelada de material cargado al horno provoca una emisión de 14 gramos. Ello luego de pasar por todo el sistema de tratamiento de polvo y gases.

A partir de lo contenido en el AP-42 de la EPA, en particular la tabla 12.6-1 "Emission Factors for Primary Lead Smelting"⁸, los valores de bibliografía para Emisión de MP10 y Plomo se presentan a continuación.

Tabla 11 : Factor Emisión AP-42

FE AP-42MP10 kg/ton	FE AP-42 Plomo Kg/ton
0,43	0,034

Fuente : AP- 42

Con dichos factores, se realiza la estimación en la peor condición, **como si no hubiera ningún sistema de colección ni captación de emisiones en el proceso**⁹. Los valores obtenidos son los siguientes.

A partir de lo contenido en el AP-42 de la EPA, en particular la tabla 12.6-1 "Emission Factors for Primary Lead Smelting"¹⁰, los valores de bibliografía para Emisión de MP10 y Plomo se presentan a continuación.

Tabla 12 : Emisión MP10 y Plomo en Base Factor Emisión AP-42

Especie	FEAP-42	Ton	kg Emisión
MP10	0,43	48356	20793,08
Plomo	0,034	48356	1644,104

Fuente : Elaboración Propia

Como es apreciable, de no existir la incorporación de sistemas modernos de control de polución, como el actual filtro de alta tecnología, las emisiones serían considerablemente diferentes a las actuales.

⁸ Página 1/95 AP-42.

⁹ Debe tenerse presente que todo el sistema del tren de gases posee una data de eficiencia por sobre el 99% de la polución producida en el proceso.

¹⁰ Página 1/95 AP-42.

5. EMISIONES FUGITIVAS MP10 Y PLOMO

A partir de las estimaciones con los factores de AP-42 EPA, se desarrollara una estimación de las emisiones fugitivas de MP10 y Plomo, tomando en consideración:

- El proceso de instalación de la canoa de descarga, que es usada tanto para el escoriado como para el metal líquido, es una fracción de tiempo operacional muy reducida. Ello implica la apertura de la puerta por un lapsu de tiempo con el todo el sistema de aspiración operando full power, lo que significa que la existir una presión negativa la polución al exterior es muy reducida, casi inexistente. Ello se evidencia en la atmosfera inperante en la nave durante tal etapa del proceso.
- Todo el sistema de aspiración ha sido diseñado para un tamaño de polvo fino y grueso, y con un set de ventiladores con sobre-diseño. Su eficiencia de ingeniería es por sobre el 95%.

La tabla adjunta presenta las estimaciones del caso.

Tabla 13 : Estimaciones Emisiones Fugitivas MP10 y Plomo

Parámetro	Instalación Canoa	Descarga Escoria	Descarga Pomo liquido
Duración	6	20	20
Ciclos Anual	1449	1449	1449
Duración anual, hr	144,9	483	483
Fracción Anual Operación	0,018185241	0,06061747	0,06061747
Eficiencia Colección Presión Negativa, %	95%	95%	95%
Emisión MP10, kg	18,91	63,02	63,02
Emisión Plomo, kg	1,49	4,98	4,98
Total Emisión Fugitiva Anual MP10, kg	144,95		
Total Emisión Fugitiva Anual Plomo, kg	11,46		

Fuente : Elaboración Propia

Significa que el total de Emisión Fugitiva de Material Particulado MP10 anual es de 145 kg, mientras que la Emisión Fugitiva de Plomo anual es de 11,5 kg. Todo lo anterior al interior de la nave de proceso.

ANEXOS

Declaración de Emisiones de las Fuentes Fijas
Chimenea de Gases Horno N°1 Funcionamiento del Quemador

AÑO 2021

Detalle de la información		Datos De Funcionamiento de la Fuente												Total
		ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sept-21	oct-21	nov-21	dic-21	
Días de funcionamiento al mes	0	11	29	31	29	31	30	31	29	6	0	0	0	198
Horas de funcionamiento al mes	0	264	744	744	696	744	720	744	696	144	0	0	0	4.752

Fechas de funcionamiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-
2	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	-	H1	-	-	-
3	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-
4	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-
5	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-
6	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-
7	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
8	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
9	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
10	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-	-
11	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
12	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
13	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
14	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
15	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
16	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
17	-	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
18	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
19	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
20	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
21	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
22	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
23	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
24	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
25	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
26	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
27	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
28	-	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Detalle		Datos de Combustibles Utilizados por las Fuentes												Total
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Acetle usado	Consumo Litros	0	0	0	75.403	79.458	85.996	101.346	109.958	31.612	0	0	0	483.773
Petroleo	Consumo Litros	0	45.820	14.203	61.997	62.542	51.004	40.684	32.042	9.618	0	0	0	317.910

Nota: Los espacios en blanco corresponden a los periodos en que el horno numero 1 [H1] no estaba en operación. Cambio de horno se produce el 18 de febrero al 06 de septiembre.
H1: Indica que la Horno 1 se encuentra en operación

Declaración de Emisiones de las Fuentes Fijas
Chimenea de Gases Horno N°1 Funcionamiento del Quemador

AÑO
2022
H1

Datos De Funcionamiento de la Fuente													
Detalle de la información	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22	ago-22	sept-22	oct-22	nov-22	dic-22	Total
Días de funcionamiento al mes	0	0	3	30	29	30	28	30	19	0	0	0	169
Horas de funcionamiento al mes	0	0	72	720	696	720	672	720	456	0	0	0	4.056

Fecha de funcionamiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	H1											
2	H1											
3	H1											
4	H1											
5	H1											
6	H1											
7	H1											
8	H1											
9	H1											
10	H1											
11	H1											
12	H1											
13	H1											
14	H1											
15	H1											
16	H1											
17	H1											
18	H1											
19	H1											
20	H1											
21	H1											
22	H1											
23	H1											
24	H1											
25	H1											
26	H1											
27	H1											
28	H1											
29	H1											
30	H1											
31	H1											

Datos de Combustibles Utilizados por las Fuentes															
Combustible	Detalle	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Acetle usado	Consumo	Litros	0	0	4.940	12.054	8.111	8.091	10.016	22.611	14.985	0	0	0	80.809
Petroleo	Consumo	Litros	0	0	9.435	139.120	134.419	127.849	105.176	120.772	64.590	0	0	0	701.361

Nota: Los espacios en blanco corresponden a los periodos en que el horno numero 1 [H1] no estaba en operación.
El inicio de operación de Horno 01 corresponde al 29 de marzo y finaliza el 24 de septiembre.

Combustible	Detalle	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Acetle usado	Litros/día		0	0	1.647	402	280	270	358	754	789	0	0	0
Petroleo	Litros/día		0	0	3.145	4.637	4.635	4.262	3.756	4.026	3.399	0	0	0

Declaración de Emisiones de las Fuentes Fijas
Chimenea de Gases Horno N°2 Funcionamiento del Quemador

AÑO
2022
H2

		Datos De Funcionamiento de la Fuente												Total	
Detalle de la información		ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22	ago-22	sept-22	oct-22	nov-22	dic-22		
Días de funcionamiento al mes		26	28	21	0	0	0	0	0	4	31	30	26	166	
Horas de funcionamiento al mes		624	672	504	0	0	0	0	0	96	744	720	624	3,984	
Días de funcionamiento		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
1	H2														
2	H2														
3	H2														
4	H2														
5	H2														
6	H2														
7	H2														
8	H2														
9	H2														
10	H2														
11	H2														
12	H2														
13	H2														
14	H2														
15	H2														
16	H2														
17	H2														
18	H2														
19	H2														
20	H2														
21	H2														
22	H2														
23	H2														
24	H2														
25	H2														
26	H2														
27	H2														
28	H2														
29	H2														
30	H2														
31	H2														

		Datos de Combustibles Utilizados por las Fuentes												Total	
Detalle		ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sept-21	oct-21	nov-21	dic-21		
Consumo		29,054	24,246	34,583	0	0	0	0	0	3,155	41,062	30,539	17,053	179,691	
Consumo Petroleo		78,206	94,117	66,048	0	0	0	0	0	13,598	92,282	97,383	97,774	539,408	
Acetite usado	Litros/día	1,117	866	1,647	0	0	0	0	0	789	1,325	1,018	656		
Petroleo	Litros/día	3,008	3,361	3,145	0	0	0	0	0	3,399	2,977	3,246	3,761		

Nota: Los espacios en blanco corresponden a los periodos en que el horno numero 2 [H2] no estaba en operación.
Finaliza su operación el día 26 de marzo para iniciar su nuevo proceso el día 27 de septiembre.

Declaración de Emisiones de las Fuentes Fijas
Chimenea de Gases Horno N°1 Funcionamiento del Quemador

AÑO
2023
H1

		Datos De Funcionamiento de la Fuente												Total
Detalle de la información		ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23	
Días de funcionamiento al mes		0	0	0	30	30	28	31	30	2	0	0	0	151
Horas de funcionamiento al mes		0	0	0	720	720	672	744	720	48	0	0	0	3.624
Fechas de funcionamiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	12	
2	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
3	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
4	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
5	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
6	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
7	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
8	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
9	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
10	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
11	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
12	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
13	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
14	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
15	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
16	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
17	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
18	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
19	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
20	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
21	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
22	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
23	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
24	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
25	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
26	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
27	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
28	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
29	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
30	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
31	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		

		Datos de Combustibles Utilizados por las Fuentes												Total	
Combustible	Detalle	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Aceite usado	Consumo	Litros	0	0	0	124.999	120.545	86.065	137.869	36.415	87	0	0	0	505.979
	Consumo	Litros	0	0	0	3.560	1.811	3.367	3.780	103.805	8.773	0	0	0	125.096

Nota: Los espacios en blanco corresponden a los periodos en que el horno número 1 [H1] no estaba en operación.
 El inicio de operación de Horno 01 corresponde al 01 de abril y finaliza el 02 de septiembre.

Combustible	Detalle	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Aceite usado	Litros/día		0	0	0	4.167	4.018	3.074	4.447	1.214	43	0	0	0	0
	Litros/día		0	0	0	119	60	120	122	3.460	4.387	0	0	0	0

AÑO
2023
H2

Declaración de Emisiones de las Fuentes Fijas
Chimenea de Gases Horno N°2 Funcionamiento del Quemador

		Datos De Funcionamiento de la Fuente												Total
Detalle de la información		ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sept-23	oct-23	nov-23	dic-23	Total
Días de funcionamiento al mes		20	14	26	0	0	0	0	0	23	30	27	26	166
Horas de funcionamiento al mes		480	336	624	0	0	0	0	0	552	720	648	624	3,984
Días de funcionamiento		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1					4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2				H2							H2	H2	H2	
3		H2									H2	H2	H2	
4		H2									H2	H2	H2	
5		H2									H2	H2	H2	
6		H2								H2	H2	H2	H2	
7		H2								H2	H2	H2	H2	
8		H2								H2	H2	H2	H2	
9		H2								H2	H2	H2	H2	
10		H2								H2	H2	H2	H2	
11		H2								H2	H2	H2	H2	
12		H2								H2	H2	H2	H2	
13		H2								H2	H2	H2	H2	
14		H2								H2	H2	H2	H2	
15		H2								H2	H2	H2	H2	
16		H2								H2	H2	H2	H2	
17		H2								H2	H2	H2	H2	
18		H2								H2	H2	H2	H2	
19		H2								H2	H2	H2	H2	
20		H2								H2	H2	H2	H2	
21		H2								H2	H2	H2	H2	
22		H2								H2	H2	H2	H2	
23		H2								H2	H2	H2	H2	
24		H2								H2	H2	H2	H2	
25		H2								H2	H2	H2	H2	
26		H2								H2	H2	H2	H2	
27		H2								H2	H2	H2	H2	
28		H2								H2	H2	H2	H2	
29		H2								H2	H2	H2	H2	
30		H2								H2	H2	H2	H2	
31		H2								H2	H2	H2	H2	

		Datos de Combustibles Utilizados por las Fuentes												Total
Detalle		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Aceite usado		82,802	63,994	123,744	0	0	0	0	0	997	58,097	109,080	91,461	530,171
Petroleo		11,244	0	0	0	0	0	0	0	100,894	72,597	11,269	28,547	224,551

Nota: Los espacios en blanco corresponden a los periodos en que el horno numero 2 [H2] no estaba en operación.
Finaliza su operación el día 27 de marzo para iniciar su nuevo proceso el día 05 de septiembre.

Detalle		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Aceite usado		4,140	4,574	4,759	0	0	0	0	0	43	1,936	4,040	3,518
Petroleo		562	0	0	0	0	0	0	0	4,387	2,420	417	1,098



Casa Matriz: San Isidro 1782, Santiago - Chile.
 Fono: (56-2) 551 1700 - 555 3040
 Fax: (56-2) 555 0365
 E-mail: division@reicotech.cl
 Of. Zona Norte: Av. Angamos 1178 - Antofagasta.
 Fono / Fax: (56-9) 9541 8223
 E-mail: antofagasta@reicotech.cl

ART. 7402

PARÁMETROS TÉCNICOS

MATERIA PRIMA : 100 % TEFLÓN			
**PESO : 750	+ - 15 (gr / m ²)	TERMINACION SUPERFICIAL : Termofijado	
**ESPESOR : 0,9 - 1,3	(mm)	TRATAMIENTOS : Membrana de Teflon	
* ANCHOS : 220	+ - 1,0 (cm)		
* RESISTENCIA MÍNIMA AL PTO. DE RUPTURA POR TRACCIÓN		* ELONGACION MÍNIMA AL PUNTO DE RUPTURA	
Longitudinal	> 850,0 N	Longitudinal	> 7,0 (%)
Transversal	> 800,0 N	Transversal	> 40,0 (%)
* RANGO DE PERMEABILIDAD		* ESTABILIDAD DIMENSIONAL	
: 15 - 45 (ls / dm ² min) a 20 mm c.a.		Encogimiento dimensional máximo después de 2 hrs. expuesto a calor seco de 240 °C	< 2 (%)
		* RETENCION PROMEDIO ESTIMADA	1 (um)
<u>PROPIEDADES DE LA FIBRA:</u>			
* DENSIDAD	: 2,2 (gr/cm ³)		
* TEMPERATURA MAXIMA	: 250 (°C)		
* ABSORCION DE HUMEDAD	: 0 (%)		
* RESISTENCIA QUIMICA			
Medio Alcalino	: Excelente		
Medio Acido (Mineral-Orgánico)	: Excelente - Excelente		
* RESISTENCIA CALOR HÚMEDO - HIDRÓLISIS	: Excelente		
* RESISTENCIA SOLVENTES ORGANICOS	: Excelente		
* RESISTENCIA AGENTES OXIDANTES	: Excelente		
<u>USOS GENERALES</u>			
Mangas filtrantes			

Diferencial de Presión (mm c.a.)	Permeabilidad (ls / dm ² · min)
15	10
20	25
30	45
40	55
50	60
60	65
70	70
80	75

Enero 2015 - Rev.1

Información Referencial / Fuente: Proveedor - Depto. Calidad (* Instrumento no calibrado / ** Instrumento calibrado)
 * Fuente: Filter Media Consulting Inc, L Bergmann, R.2000 - Filter and Filtration, C. Dickenson, 1992

HOJA SIN DATOS



ANEXO 1.2. INFORME MODELACIÓN CALIDAD DEL AIRE

**PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO REFUNDIDO 03-07-24
PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO D-031-2020.
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE.**

**CALAMA
03 DE JULIO DE 2024.**

INFORME

MODELACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE

DISPERSIÓN DE EMISIONES DE LAS CHIMENEAS HORNO SCRUBBER Y FILTROS

RECIMAT LTDA.

COMUNA DE CALAMA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

SEPTIEMBRE, 2021

ELABORADO PARA RECIMAT LTDA.
POR KISI CERDA PALMA - INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

ÍNDICE GENERAL

1. ANTECEDENTES GENERALES	5
2. LINEA DE BASE METEOROLÓGICA	6
2.1.1 Validez de los registros meteorológicos	7
2.1.2 Velocidad del viento.....	7
2.1.3 Dirección del Viento.....	8
3. MODELACIÓN CALIDAD DEL AIRE	10
3.1. Información Geográfica.....	10
3.2. Descripción del Modelo Meteorológico WRF	13
3.3. Análisis de Incertidumbre del Modelo Meteorológico WRF.....	13
3.3.1 Velocidad del Viento	13
3.3.2 Dirección del Viento.....	14
3.4. Grilla de receptores	16
3.5. Receptores Discretos	18
3.6. Fuentes de emisión	19
4. MARCO LEGAL APLICABLE	20
5. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN	21
5.1. Puntos de máximo Impacto.....	21
5.2. Receptores Discretos	22
5.3. Curvas de Isoconcentración.....	23
6. CONCLUSIONES	29
7. BIBLIOGRAFÍA	30
8. ANEXOS	31

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Ubicación de la estación Hospital del Cobre.....	6
Tabla 2-2 Validez de registros meteorológicos – Año 2020.	7
Tabla 2-3 Distribución de frecuencias (%) – Estación Hospital del Cobre 2020	9
Tabla 3-1 Parámetros de la proyección cónica del modelo WRF.....	13
Tabla 3-2 Error Cuadrático Medio, Sesgo y Coeficiente de Correlación del ciclo diario de Velocidad del Viento. Mediciones vs. Modelo WRF en Estación Hospital del Cobre.....	14
Tabla 3-3 Características del dominio de modelación.....	16
Tabla 3-4 Receptores discretos del modelo.....	18
Tabla 3-5 Características operacionales y emisiones de material particulado y plomo de las chimeneas de RECIMAT.....	19
Tabla 4-1 Normativa primaria de calidad del aire aplicable	20
Tabla 5-1 Concentraciones obtenidas en Puntos de Máximo Impacto.....	21
Tabla 5-2 Aporte de las emisiones de RECIMAT en Receptores Discretos	23
Tabla 5-3 Aporte de las emisiones de RECIMAT en Receptores Discretos con respecto a la norma (%) .	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ubicación RECIMAT.....	5
Figura 2-1 Ubicación de la estación Hospital del Cobre	6
Figura 2-2 Serie de tiempo de la velocidad del viento registrada durante el año 2020 - Estación Hospital del Cobre.....	7
Figura 2-3 Ciclo diario de la velocidad del viento registrada durante el año 2020 – Estación Hospital del Cobre.....	8
Figura 2-4 Serie de tiempo de la dirección del viento 2020 - Estación Hospital del Cobre	8
Figura 2-5 Rosa de vientos Año 2020 - Estación Hospital del Cobre	9
Figura 3-1 Representación de información topográfica utilizada por el modelo.....	11
Figura 3-2 Representación de la información de uso de suelo utilizada por el modelo	12
Figura 3-3 Comparación de ciclos diarios de la velocidad del viento en Estación Hospital del Cobre. Mediciones vs. Modelo WRF	14

Figura 3-4 Rosas de viento obtenidas del modelo WRF y los registros de la estación Hospital del Cobre	15
Figura 3-5 Comparación de series de tiempo de dirección del viento. Registros vs. Modelo WRF - Estación Hospital del Cobre 2020.....	15
Figura 3-6 Dominio de modelación y grilla de receptores.....	17
Figura 3-7 Distribución de receptores sensibles o discretos	18
Figura 5-1 Ubicación del Puntos de Máximo Impacto	22
Figura 5-2 Curvas de Isoconcentración – MP10 24 horas Percentil 98.....	24
Figura 5-3 Curvas de Isoconcentración – MP10 concentración anual.....	25
Figura 5-4 Curvas de Isoconcentración – MP2,5 24 horas Percentil 98.....	26
Figura 5-5 Curvas de Isoconcentración – MP2,5 Anual.....	27
Figura 5-6 Curvas de Isoconcentración – Pb Anual	28

1. ANTECEDENTES GENERALES

RECIMAT Ltda. es una empresa dedicada, desde el año 2006, al transporte, almacenamiento y reciclaje de residuos peligrosos de plomo tales como ánodos de plomo, borras anódicas y baterías en desuso. La planta se ubica en el sector industrial Puerto Seco, comuna de Calama.

El presente informe describe la modelación de la dispersión de las emisiones atmosféricas evacuadas desde el scrubber (Chimenea Scrubber) y desde los filtros (Chimenea Filtros) de la planta RECIMAT Ltda., con el fin de identificar los puntos de máximo impacto para las concentraciones de plomo y material particulado y evaluar el cumplimiento normativo de dichas concentraciones. La ubicación de la planta RECIMAT Ltda. se presenta en la Figura 1-1.

Figura 1-1 Ubicación RECIMAT



Fuente: Elaboración propia.

2. LINEA DE BASE METEOROLÓGICA

Para determinar la línea de base meteorológica del área donde se emplaza la planta RECIMAT, se han utilizado los datos registrados en la estación Hospital del Cobre, ubicada en dicho recinto de salud y que pertenece a la red de monitoreo de CODELCO Distrito Norte. La estación se encuentra a 2,2 km al suroeste de la Planta, tal como se puede observar en la Figura 2-1.

Tabla 2-1 Ubicación de la estación Hospital del Cobre

Coordenadas UTM		Distancia a la fuente (km)	Altura sobre el nivel del mar (m)
X (m)	Y (m)		
509.239	7.516.917	2,2	2.301

Fuente: Elaboración propia. DATUM WGS84 Huso 19. Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-1 Ubicación de la estación Hospital del Cobre



Proyección Cónica Conforme de Lambert, DATUM NWS-84. Fuente: Elaboración propia.

2.1.1 Validez de los registros meteorológicos

En la Tabla 2-2 se presentan las variables meteorológicas medidas en la estación y el porcentaje de registros válidos. Dado que los parámetros medidos presentan validez de datos superiores al 99%, se da cumplimiento a lo indicado en la “Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA” que recomienda que el porcentaje de datos válidos en un año sea superior al 75% (valor asociado a la validez de la información de monitoreo establecido en las normas primarias de calidad del aire).

Tabla 2-2 Validez de registros meteorológicos – Año 2020.

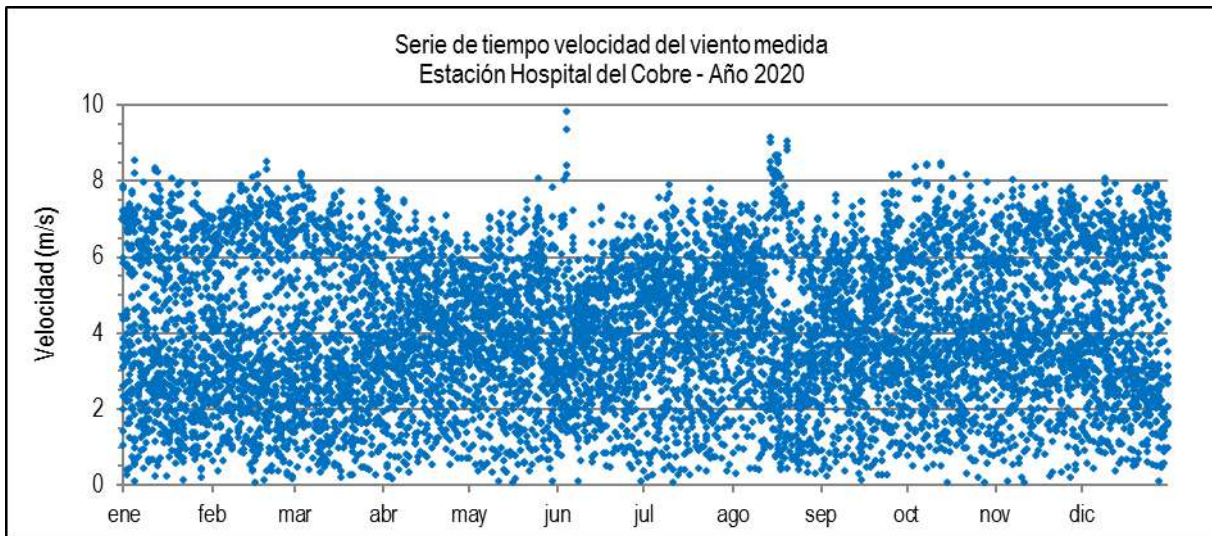
Variable	N° Registros Válidos	% Registros Válidos
Velocidad del Viento	8.769	99,87%
Dirección del Viento	8.769	99,87%

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 Velocidad del viento

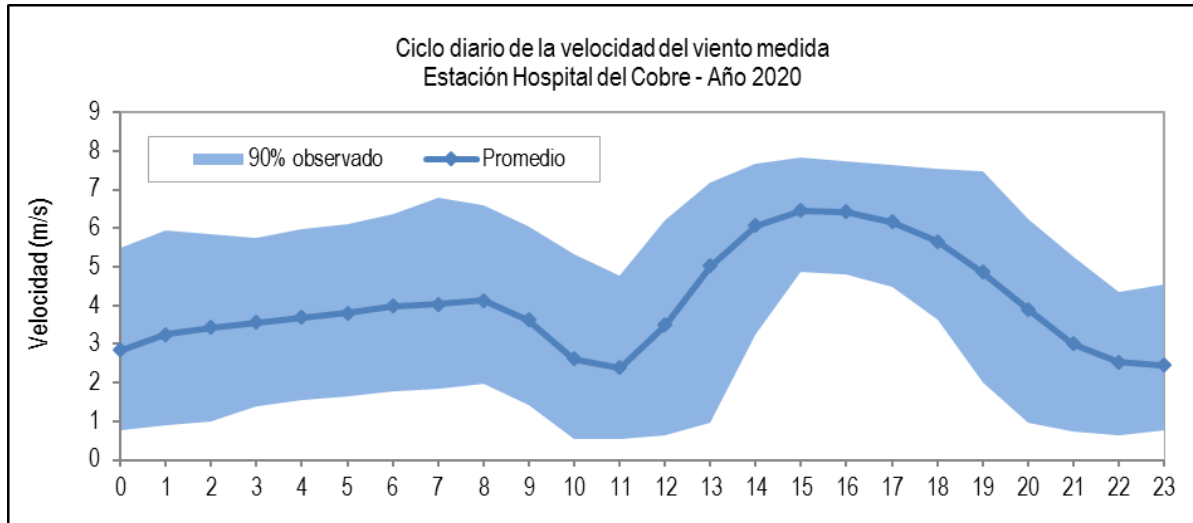
La serie de tiempo de la velocidad del viento registrada en la estación Hospital del Cobre durante el año 2020 se presenta en la Figura 2-2. La velocidad del viento promedio obtenida en la estación es de 4,1 m/s. En cuanto al ciclo diario, éste presenta dos máximos, uno a las 8 de mañana (4,1 m/s) y otro a las 15 horas (6,5 m/s). Por otra parte, las velocidades del viento más bajas se presentan entre las 22 y 23 horas (2,5 m/s) y luego a las 11 horas (2,4 m/s), tal como puede observarse en la Figura 2-3.

Figura 2-2 Serie de tiempo de la velocidad del viento registrada durante el año 2020 - Estación Hospital del Cobre



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-3 Ciclo diario de la velocidad del viento registrada durante el año 2020 – Estación Hospital del Cobre

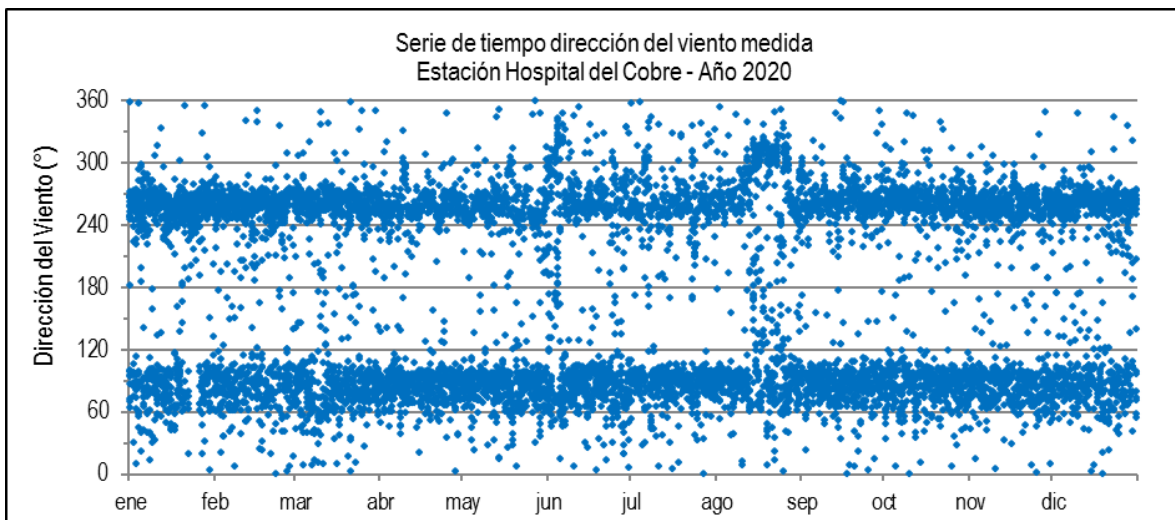


Fuente: Elaboración propia.

2.1.3 Dirección del Viento

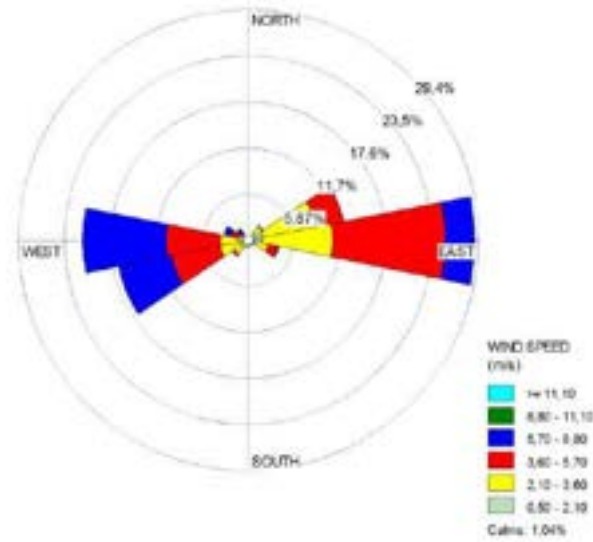
En la Figura 2-4 se muestran los registros horarios de la dirección del viento, obtenidos en la estación Hospital del Cobre, mientras que en la Figura 2-5 se presenta la rosa de viento elaborada con dichos registros. En la Tabla 2-3 se presenta la distribución de frecuencias de la dirección del viento en función de la magnitud de la velocidad. La dirección del viento predominante durante el período nocturno es la este (11 de la noche a 10 de la mañana), mientras que durante el día la dirección que prevalece es la oeste (11 de la mañana a 10 de la noche). Pese a lo anterior, la dirección predominante, en general, corresponde a la este con una ocurrencia del 29%, seguida por la dirección oeste con un 21% de los registros totales del año 2020.

Figura 2-4 Serie de tiempo de la dirección del viento 2020 - Estación Hospital del Cobre



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-5 Rosa de vientos Año 2020 - Estación Hospital del Cobre



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-3 Distribución de frecuencias (%) – Estación Hospital del Cobre 2020

Dirección del Viento	Rango de Velocidad (m/s)						Total (%)
	0,5 - 2,1	2,1 - 3,6	3,6 - 5,7	5,7 - 8,8	8,8 - 11,1	>= 11,10	
N	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
NNE	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
NE	1,1	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	2,3
ENE	2,0	6,9	3,5	0,0	0,0	0,0	12,4
E	1,8	8,9	14,3	3,7	0,0	0,0	28,8
ESE	0,9	1,7	1,3	0,1	0,0	0,0	4,1
SE	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
SSE	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
S	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
SSW	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
SW	1,1	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0	2,6
WSW	1,3	2,5	6,3	6,9	0,0	0,0	16,9
W	1,0	2,6	6,8	10,6	0,0	0,0	21,1
WNW	0,7	0,6	1,0	0,9	0,0	0,0	3,2
NW	0,5	0,1	0,2	1,0	0,1	0,0	1,9
NNW	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6
Sub-Total	15,0	26,4	33,9	23,4	0,1	0,0	98,8
Calmas (%)							1,0
Sin dato (%)							0,2
Total (%)							100

Fuente: Elaboración propia.

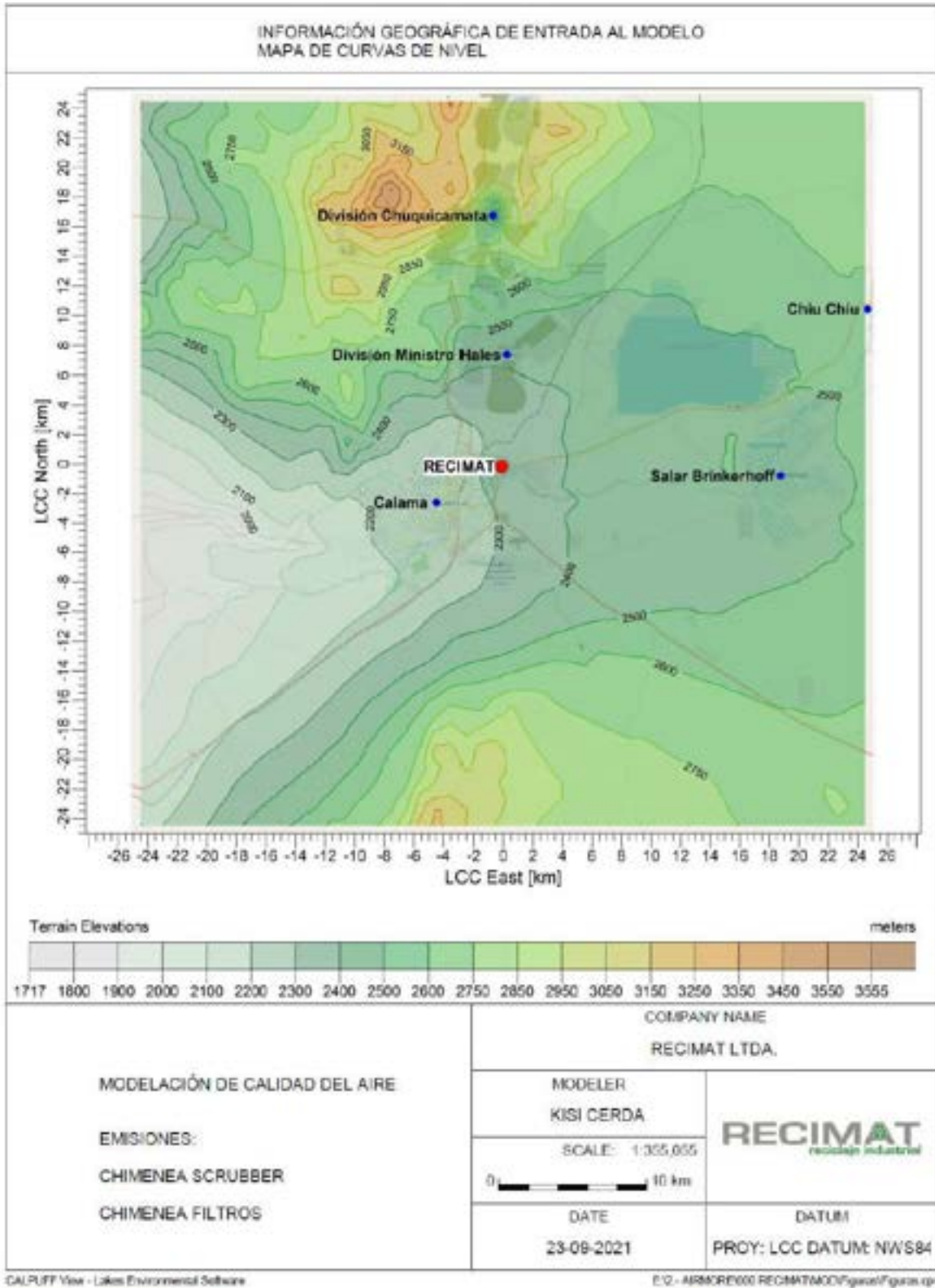
3. MODELACIÓN CALIDAD DEL AIRE

3.1. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La información de las elevaciones de terreno, utilizada por el modelo, corresponde a cartas topográficas digitales SRTM3 (Shuttle Radar Topography Mission Global Coverage), con resolución de 90 metros. En la Figura 3-1 se presentan las curvas de nivel utilizadas por el modelo.

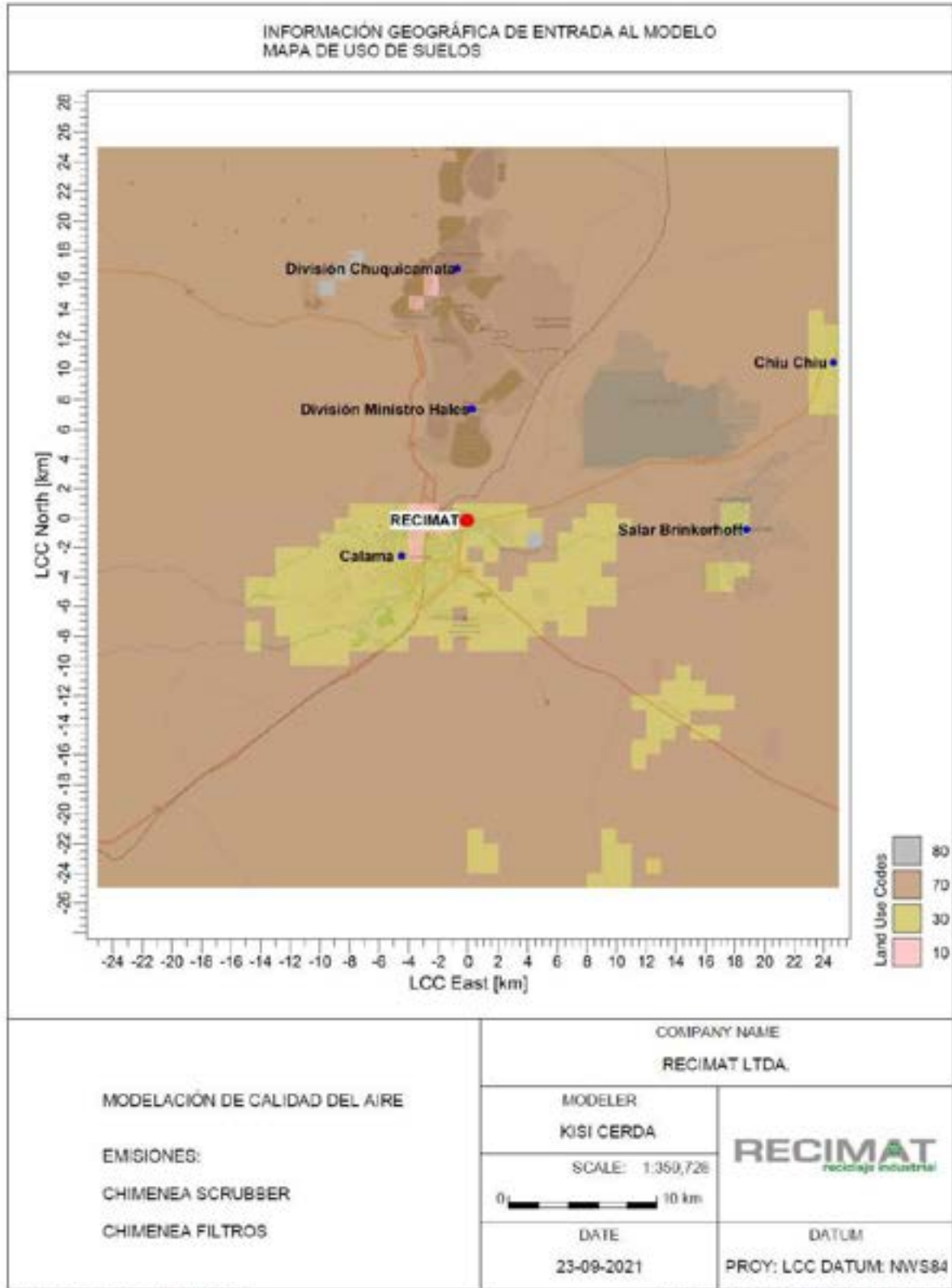
La información de uso de suelo de la zona fue obtenida a través de los archivos Global Land Cover Characterization (GLCC) desarrollados por el U.S. Geological Survey (USGS). El mapa de uso de suelos se presenta en la Figura 3-2.

Figura 3-1 Representación de información topográfica utilizada por el modelo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-2 Representación de la información de uso de suelo utilizada por el modelo



CALPUFF View - Lakes Environmental Software

E:\2 - AIRMOR\600 RECIMAT\MOD\Figuras\Figuras.cpr

Fuente: Elaboración propia.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO METEOROLÓGICO WRF

El modelo WRF (Weather Research and Forecasting - WRF) es un sistema de predicción numérico de mesoscala de última generación, diseñado para desarrollar pronósticos y estudios de la atmósfera. Este modelo de última generación es el resultado de un trabajo mancomunado entre varias instituciones norteamericanas como: la National Center for Atmospheric Research (NCAR), the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el National Centers for Environmental Prediction (NCEP), el Forecast Systems Laboratory (FSL), la Air Force Weather Agency (AFWA), el Naval Research Laboratory, la Universidad de Oklahoma, y la Federal Aviation Administration (FAA).

La elaboración del archivo meteorológico WRF utilizado en la presente modelación se encargó a la empresa nacional ENVIROMODELING, y posee una resolución espacial de 1 km, abarcando un área de 50 × 50 km y cuyo centro corresponde a la planta RECIMAT. Los parámetros de la proyección cónica utilizada por el modelo WRF se presentan en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Parámetros de la proyección cónica del modelo WRF

Sistema coordinado del modelo WRF	
Proyección	LCC (Cónica Conforme de Lambert)
DATUM	NWS-84 6370KM Radius
Origen Proyección (latitud)	22,439°
Origen Proyección (longitud)	68,894°
Paralelo Estándar (Latitud 1)	22,199°
Paralelo Estándar (Latitud 2)	22,679°

Fuente: ENVIROMODELING.

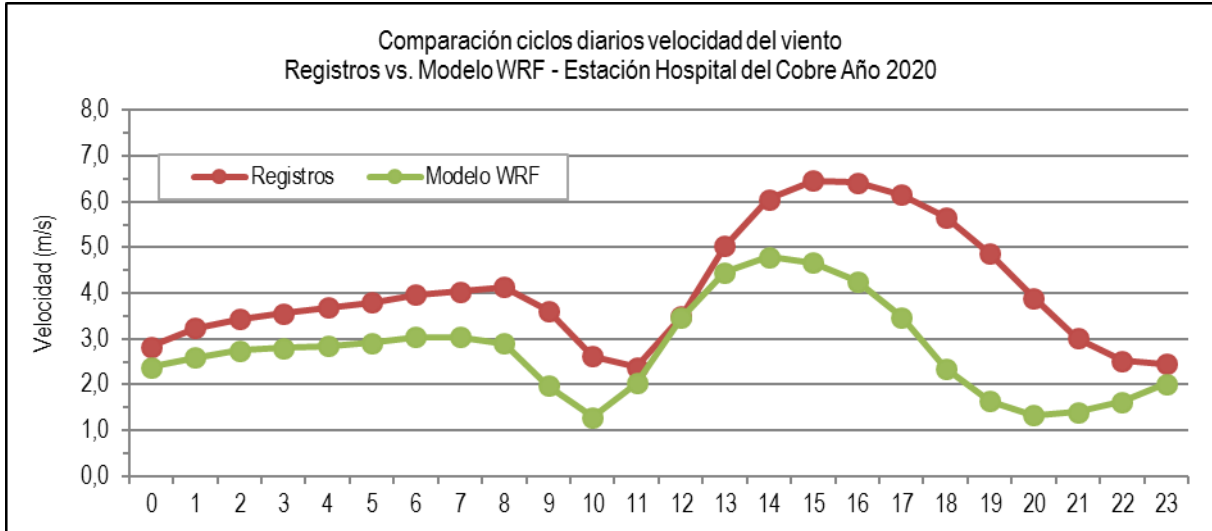
3.3. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL MODELO METEOROLÓGICO WRF

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al cuantificar el grado de ajuste del modelo meteorológico WRF con respecto a las mediciones efectuadas en la estación Hospital del Cobre durante el año 2020.

3.3.1 Velocidad del Viento

En la Figura 3-3 se presentan los ciclos diarios de la velocidad del viento (medida y modelada) obtenidos en la estación Hospital del Cobre. En la Tabla 3-2 se presentan el error cuadrático medio, el sesgo y el coeficiente de correlación, parámetros que determinan cuantitativamente el grado de ajuste entre ambas series de datos. Tal como puede observarse, ambas curvas presentan una forma similar, sin embargo, las velocidades del viento modeladas son, en promedio, menores a las registradas en la estación. Las mayores diferencias se presentan entre las 19 y las 20 horas. El mejor ajuste de ambos ciclos se logra entre las 11 y las 13 horas.

Figura 3-3 Comparación de ciclos diarios de la velocidad del viento en Estación Hospital del Cobre. Mediciones vs. Modelo WRF



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2 Error Cuadrático Medio, Sesgo y Coeficiente de Correlación del ciclo diario de Velocidad del Viento. Mediciones vs. Modelo WRF en Estación Hospital del Cobre

Estadístico	Valor
Error cuadrático Medio (m/s)	1,58
Sesgo (m/s)	-1,30
Coeficiente de Correlación	0,72

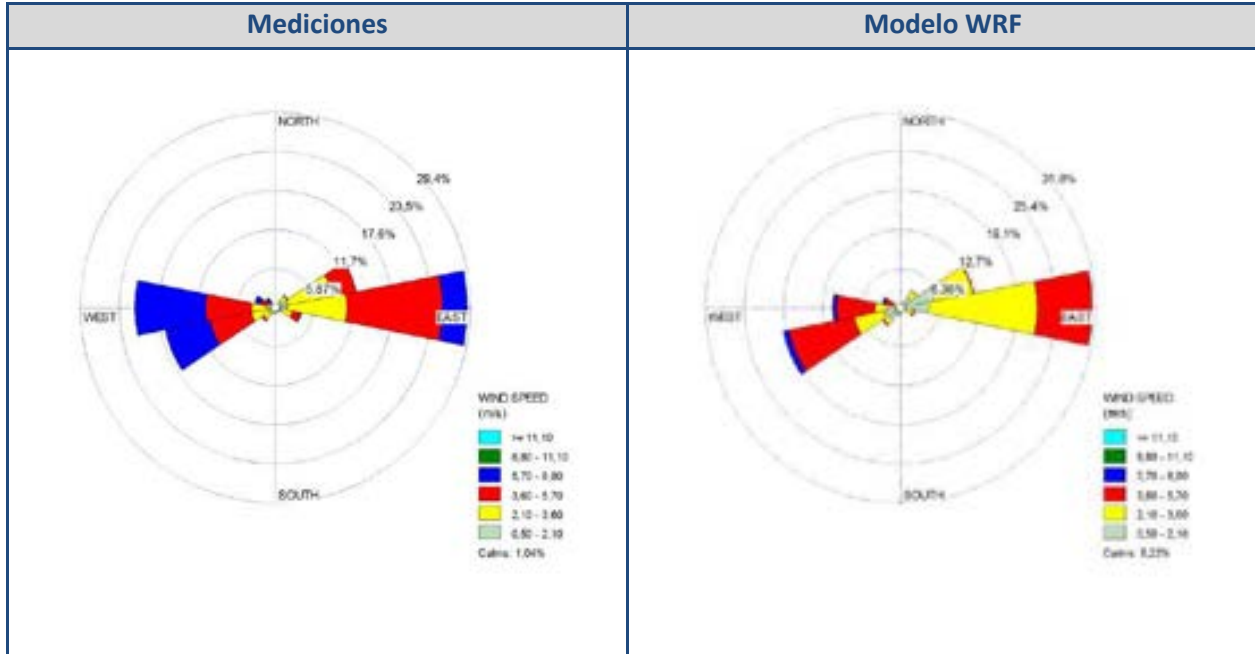
Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Dirección del Viento

En la Figura 3-4 se presentan las rosas de viento obtenidas a partir de los datos registrados y modelados para el año 2020 en la estación Hospital del Cobre, mientras que en la Figura 3-5 se muestran las series de tiempo de ambos conjuntos de datos.

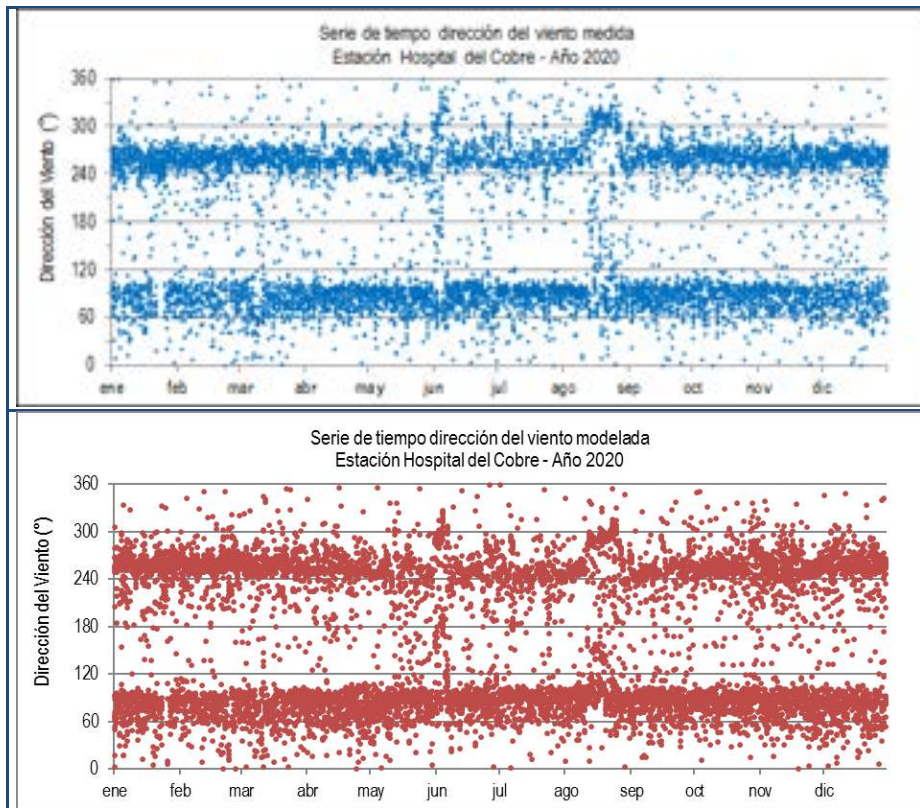
Tal como puede observarse, en el modelo y en las mediciones, los vientos provenientes del este son los predominantes en la estación. Sin embargo, para la segunda dirección predominante se observa una diferencia dado que las mediciones indican que es la oeste, mientras que el modelo presenta la dirección OSO como la segunda más importante. En general, el modelo logra ajustarse adecuadamente a los registros de dirección del viento.

Figura 3-4 Rosas de viento obtenidas del modelo WRF y los registros de la estación Hospital del Cobre



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-5 Comparación de series de tiempo de dirección del viento. Registros vs. Modelo WRF - Estación Hospital del Cobre 2020



Fuente: Elaboración propia.

Como es de esperar, al comparar la magnitud y la dirección de la velocidad del viento en la estación Hospital del Cobre se obtiene una diferencia entre el modelo y las mediciones. Sin embargo, es necesario destacar que el modelo meteorológico WRF utilizado en la presente modelación de calidad del aire fue elaborado tomando en cuenta todas las indicaciones presentadas por la Autoridad Ambiental en la “Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEA”, constituyendo la mejor herramienta disponible para incorporar información meteorológica al sistema de modelación de calidad del aire.

3.4. GRILLA DE RECEPTORES

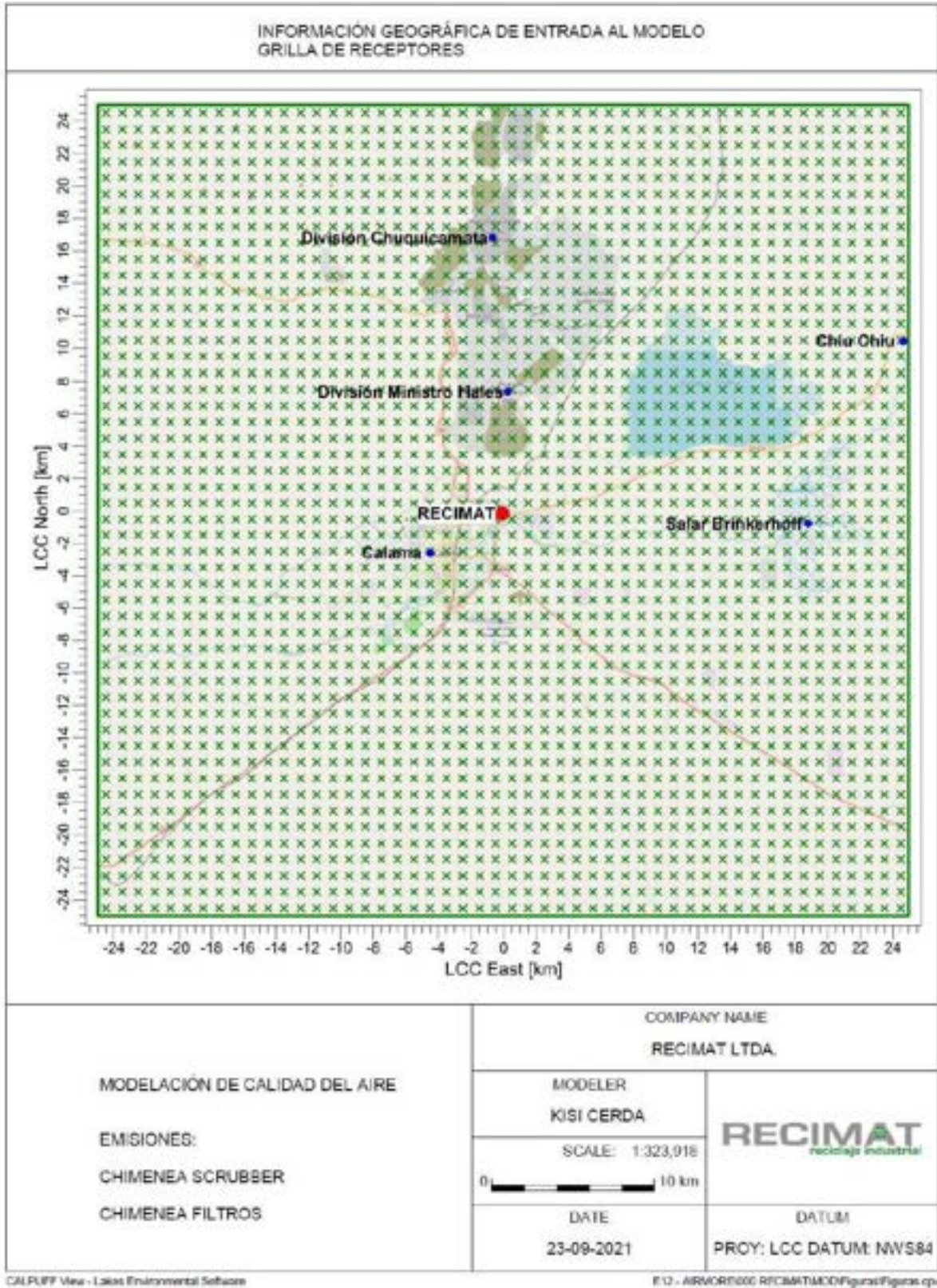
Las características del dominio utilizado para la evaluar el impacto de las emisiones atmosféricas de RECIMAT sobre la calidad del aire se presentan en la Tabla 3-3 y Figura 3-6. Las modelaciones se han realizado sobre una grilla de 6.336 receptores, separados por una distancia de 200 m, con el fin de determinar el aporte de las emisiones en cada uno de estos puntos e identificar la ubicación y magnitud de las concentraciones en los puntos de máximo impacto para cada contaminante modelado.

Tabla 3-3 Características del dominio de modelación

Coordenadas del centro (m) (DATUM WGS84 18H)	X = 510.802 Y = 7.518.428
Tamaño	50 km x 50 km
Resolución	200 m
N° de receptores	6.336

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-6 Dominio de modelación y grilla de receptores.



Fuente: Elaboración propia.

3.5. RECEPTORES DISCRETOS

Los receptores discretos o de interés definidos para la modelación se presentan en la Tabla 3-4 y corresponden a las estaciones pertenecientes a la red de monitoreo ambiental del Distrito Norte de CODELCO y se ubican dentro de la ciudad de Calama. Además, se ha incorporado el receptor correspondiente a la Escuela Básica D-126 Kamac Mayu. La ubicación de los receptores discretos se presenta en la Figura 3-7.

Tabla 3-4 Receptores discretos del modelo

ID	Nombre	X (m)	Y (m)	Altura (m.s.n.m)
R1	Hospital del Cobre	509.427	7.517.292	2.297
R2	Servicio Médico Legal	505.383	7.516.195	2.241
R3	Centro	507.371	7.516.056	2.265
R4	Colegio Pedro Vergara Keller	506.886	7.518.196	2.261
R5	Club 23 de Marzo	506.412	7.516.232	2.252
R6	SAG Oasis	508.175	7.515.784	2.276
R7	Escuela Kamac Mayu	509.245	7.518.645	2.297

Fuente: Elaboración propia. DATUM WGS84.

Figura 3-7 Distribución de receptores sensibles o discretos



Fuente: Elaboración propia.

3.6. FUENTES DE EMISIÓN

La presente modelación considera las emisiones atmosféricas de plomo y material particulado de las dos chimeneas existentes en la Planta RECIMAT (Chimenea Scrubber y Chimenea Filtros).

En el caso del plomo, se ha supuesto que ambas chimeneas emiten 2 mg/m³N, valor correspondiente al “Límite máximo permisible de emisión a la atmósfera, aplicables a la fundición secundaria de plomo en fuentes fijas existentes” establecido en la Tabla 1 de la “Norma Oficial Mexicana NOM-166-SEMARNAT-2014, Control de emisiones atmosféricas en la fundición secundaria de plomo”.

Se ha considerado este valor máximo con el fin de evaluar el impacto que tendrían las emisiones de plomo de RECIMAT en caso de registrar emisiones al límite de la norma de referencia, en este caso, la norma mexicana para fundiciones de plomo.

En el caso del material particulado, se han utilizado las tasas de emisión obtenidas en las mediciones isocinéticas efectuadas en ambas chimeneas el día 26 de mayo del presente año (Anexo 1). Con el fin de establecer un escenario conservador para la modelación, se ha supuesto que las tasas de emisión de material particulado corresponden a MP10 y también a MP2,5.

Las tasas de emisión de plomo fueron calculadas a partir de los flujos de gases estandarizados medidos en dicho muestreo. El detalle de las emisiones ingresadas al modelo se presentan en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5 Características operacionales y emisiones de material particulado y plomo de las chimeneas de RECIMAT

Parámetro	Unidad	Chimenea Scrubber	Chimenea Filtros
		Horno Fusión, Salida, Scrubber	Escoriado, charolas, campanas y ollas
X ¹	m	510.802	510.802
Y ¹	m	7.518.428	7.518.428
Concentración Material Particulado	mg/m ³ N	1,3	7,5
Emisión horaria Material Particulado	kg/h	0,027	0,116
Caudal de gases estandarizado	m ³ N/h	20.916	15.529
Velocidad de los gases	m/s	15,2	17,2
Temperatura de los gases	°C	52,7	55,4
Diámetro interno	m	0,85	0,69
Altura de la chimenea	m	10,2	10
Emisión Plomo Pb	mg/m ³ N	2	2
	mg/h	41.832	31.058
	kg/h	0,042	0,031

¹ Proyección UTM DATUM WGS84. Fuente: Tabla 5.1 Anexo 1 Informe de Resultados. Muestreo Isocinético Oficial de Material Particulado. Axis Ambiental SpA.

4. MARCO LEGAL APLICABLE

La Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300, modificada por la Ley N° 20.417/2010, ambas del Ministerio Secretaría Regional de la Presidencia), establece en su artículo N° 32, la existencia de dos tipos de normas de calidad ambiental. Las normas de calidad primarias, son aquellas que tienen como objetivo proteger la salud de la población humana dentro del territorio nacional. Una definición más precisa de norma primaria es la que se establece en artículo 2° de la Ley: *“Norma Primaria de Calidad Ambiental: aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población.”* La normativa primaria de calidad del aire aplicable al presente estudio se presenta en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Normativa primaria de calidad del aire aplicable

Contaminante	Decreto N°	Año Promulgación	Promedio	Límite (µg/Nm³)
MP10	59	1998	24 horas - Percentil 98	150
			Anual	50
MP2,5	12	2011	24 horas - Percentil 98	50
			Anual	20
Pb	136	2000	Anual	0,5

Fuente: Elaboración propia.

5. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

5.1. PUNTOS DE MÁXIMO IMPACTO

Los puntos de máximo impacto (PMI) corresponden a aquellos receptores de la grilla del modelo en donde las emisiones atmosféricas de la planta RECIMAT, generan las máximas concentraciones de material particulado y plomo. Estas concentraciones pueden ser diarias o anuales, de acuerdo a las normas de calidad del aire descritas en el punto 4.

Con el fin de determinar con mayor precisión la ubicación de los PMI, se realizó, a priori, una serie de modelaciones de prueba con distintos espaciamientos entre los receptores de la grilla, partiendo con un espaciamiento de 1 km, hasta alcanzar uno de 200 m (factor de anidamiento igual a 5), en donde, finalmente, se encontró el punto en que las concentraciones obtenidas en el PMI fueron las mayores.

En la Tabla 5-1 se presentan las máximas concentraciones obtenidas para cada contaminante atmosférico evaluado, de acuerdo a la normativa de calidad del aire vigente. Como puede comprobarse, en todos los casos las concentraciones son bajas. El contaminante para el que se obtiene la mayor concentración con respecto a la norma es el Pb que alcanza el 38% del límite anual con 0,188 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Para todas las normas evaluadas el PMI resultó ser el mismo (511.006 m E y 7.518.471 m S); punto que se encuentra dentro del sector industrial Puerto Seco, a 208 m, aproximadamente, de las chimeneas tal como se observa en la Figura 5-1.

Tabla 5-1 Concentraciones obtenidas en Puntos de Máximo Impacto

Norma de calidad del aire	Valor Norma ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Concentración ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Aporte respecto a norma %
MP10 24 horas Per98	150	0,979	1%
MP10 Anual	50	0,425	1%
MP2,5 24 horas Per98	50	0,980	1%
MP2,5 Anual	20	0,425	1%
Pb Anual	100	0,188	38%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-1 Ubicación del Puntos de Máximo Impacto



Fuente: Elaboración propia.

5.2. RECEPTORES DISCRETOS

En la Tabla 5-2 se presentan las concentraciones obtenidas en los 7 receptores discretos o de interés que se han definido para la modelación (Tabla 3-4). En la Tabla 5-3 se comparan dichas concentraciones con los límites establecidos en las normas de calidad de los contaminante atmosférico evaluados.

Tal como puede observarse, el aporte de las emisiones de RECIMAT es bajo en todos los receptores discretos alcanzando un máximo del 1,99% ($0,01 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) de la norma de Pb en concentración anual, en el receptor correspondiente a la Escuela Kamac Mayu, receptor más cercano a la planta.

Tabla 5-2 Aporte de las emisiones de RECIMAT en Receptores Discretos

Norma	Valor norma (µg/Nm³)	Aporte de las emisiones de RECIMAT en Receptores Discretos (µg/Nm³)						
		Hospital del Cobre	Servicio Médico Legal	Centro	Colegio P. V. Keller	Club 23 de Marzo	SAG Oasis	Escuela Kamac Mayu
MP10 24 horas Per98	150	0,015	0,008	0,007	0,017	0,008	0,007	0,049
MP10 Anual	50	0,003	0,003	0,002	0,008	0,003	0,001	0,022
MP2,5 24 horas Per98	50	0,015	0,008	0,007	0,017	0,008	0,007	0,049
MP2,5 Anual	20	0,003	0,003	0,002	0,008	0,003	0,001	0,022
Pb Anual	0,5	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,000	0,010

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-3 Aporte de las emisiones de RECIMAT en Receptores Discretos con respecto a la norma (%)

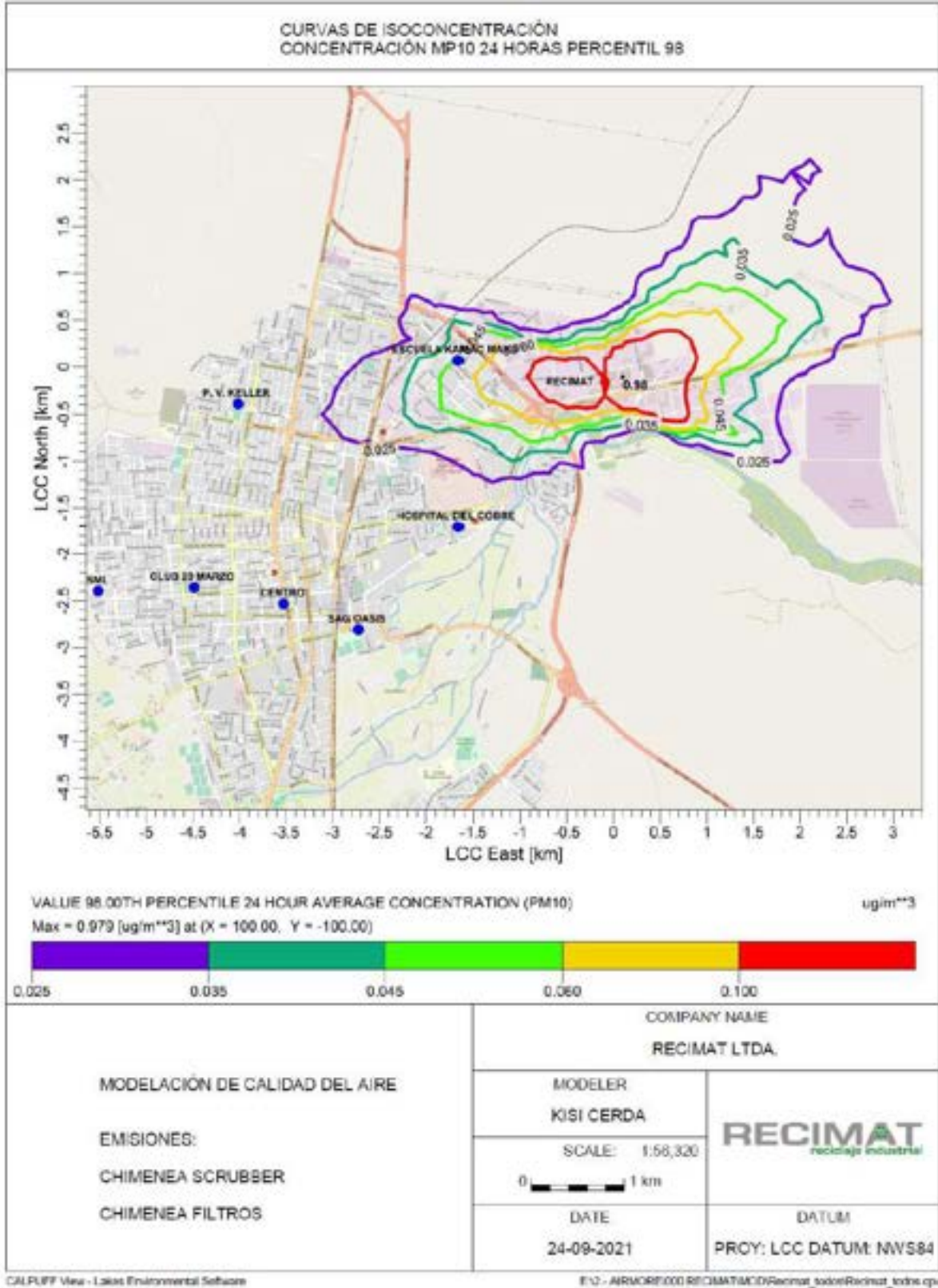
Norma	Aporte de las emisiones de RECIMAT en Receptores Discretos con respecto a la norma (%)						
	Hospital del Cobre	Servicio Médico Legal	Centro	Colegio P. V. Keller	Club 23 de Marzo	SAG Oasis	Escuela Kamac Mayu
MP10 24 horas Per98	0,01%	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,03%
MP10 Anual	0,01%	0,01%	0,00%	0,02%	0,01%	0,00%	0,04%
MP2,5 24 horas Per98	0,03%	0,02%	0,01%	0,03%	0,02%	0,01%	0,10%
MP2,5 Anual	0,02%	0,01%	0,01%	0,04%	0,01%	0,01%	0,11%
Pb Anual	0,26%	0,22%	0,18%	0,66%	0,22%	0,10%	1,99%

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Curvas de Isoconcentración

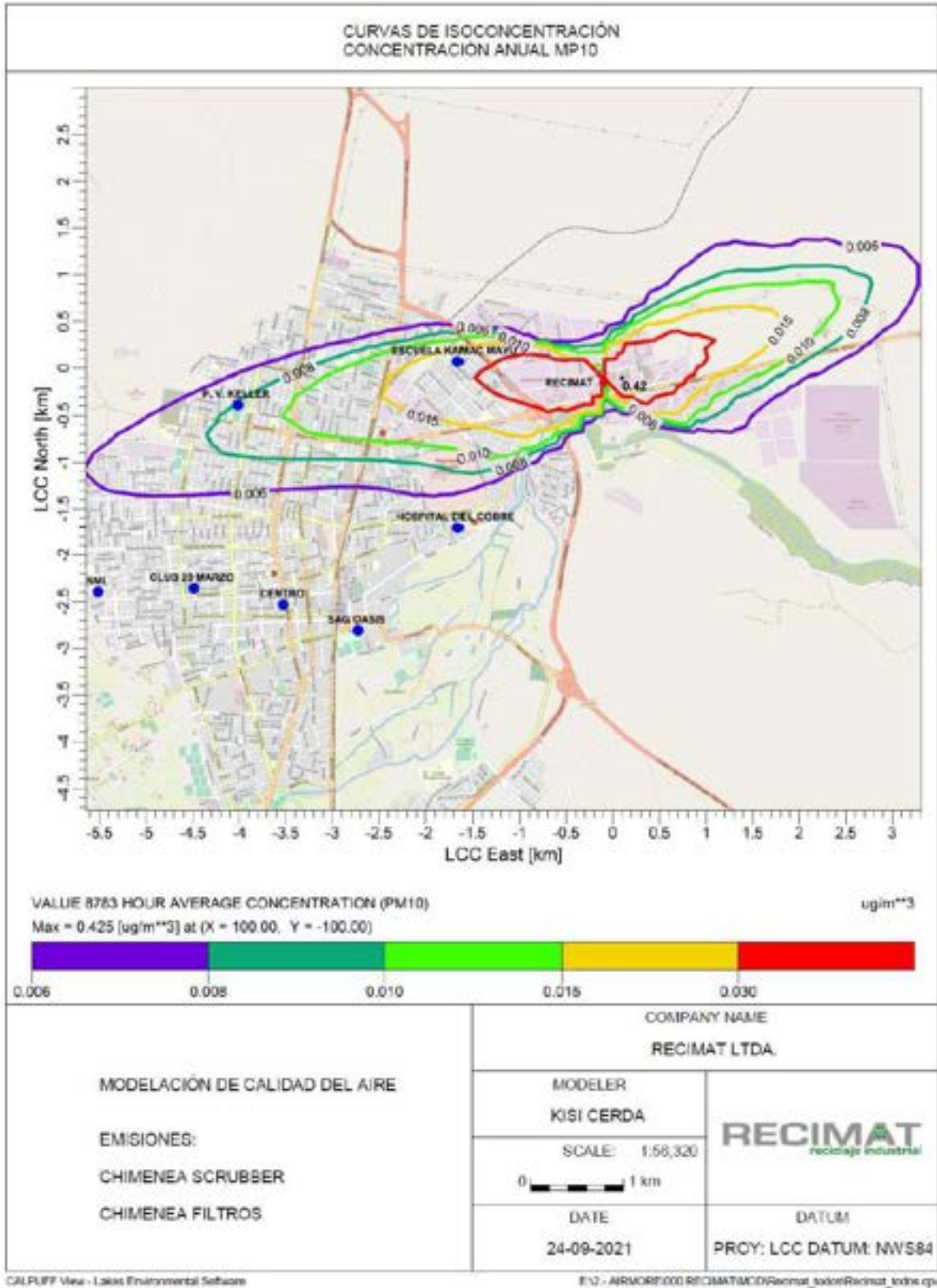
En las siguientes figuras se presentan las curvas de isoconcentración obtenidas para los contaminantes atmosféricos modelados. En todas las figuras se puede observar que el impacto sobre la calidad del aire se acota circunscribe a dos zonas, este y oeste de la planta RECIMAT, en concordancia con las direcciones de los vientos predominantes.

Figura 5-2 Curvas de Isoconcentración – MP10 24 horas Percentil 98



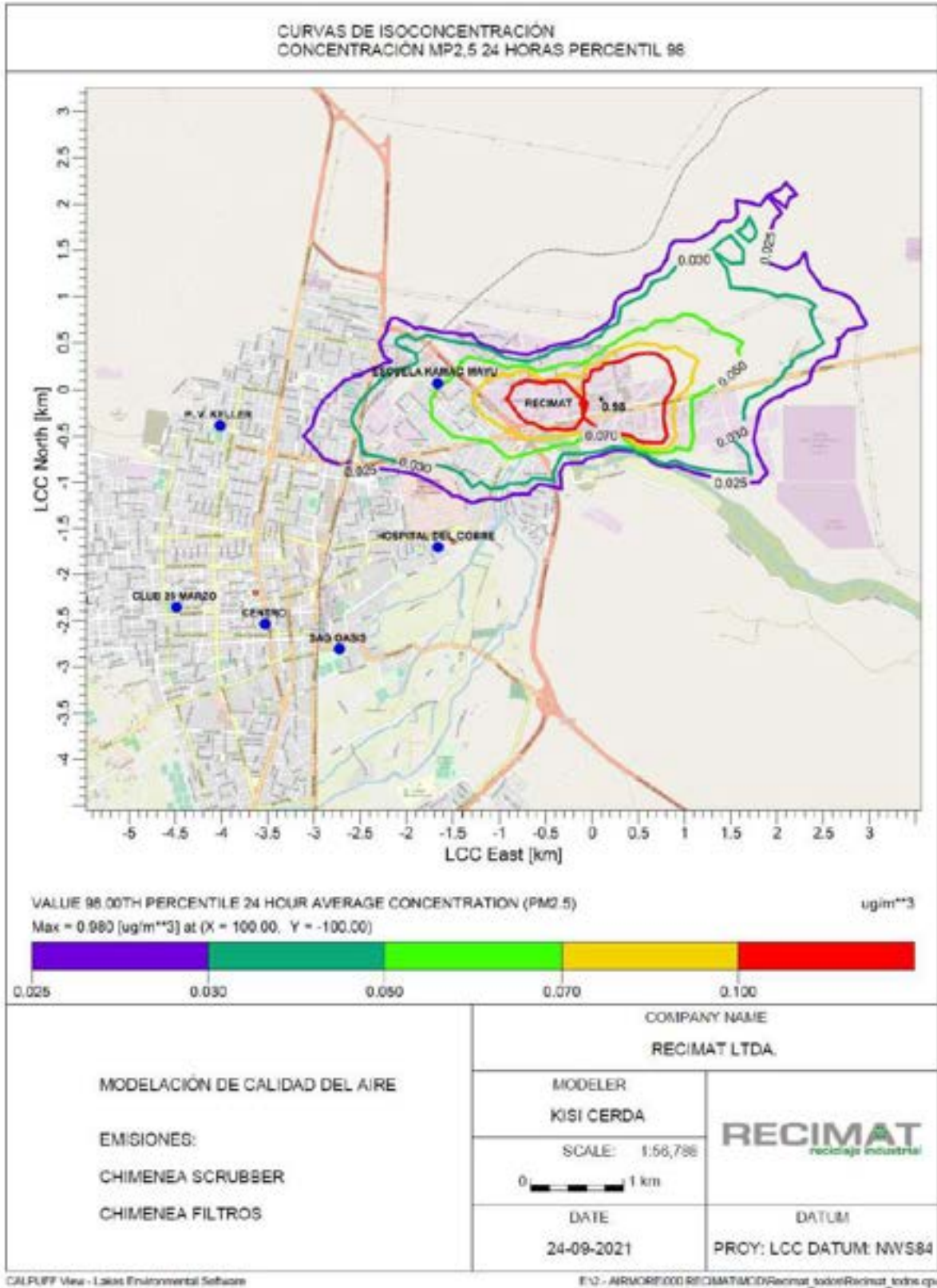
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-3 Curvas de Isoconcentración – MP10 concentración anual



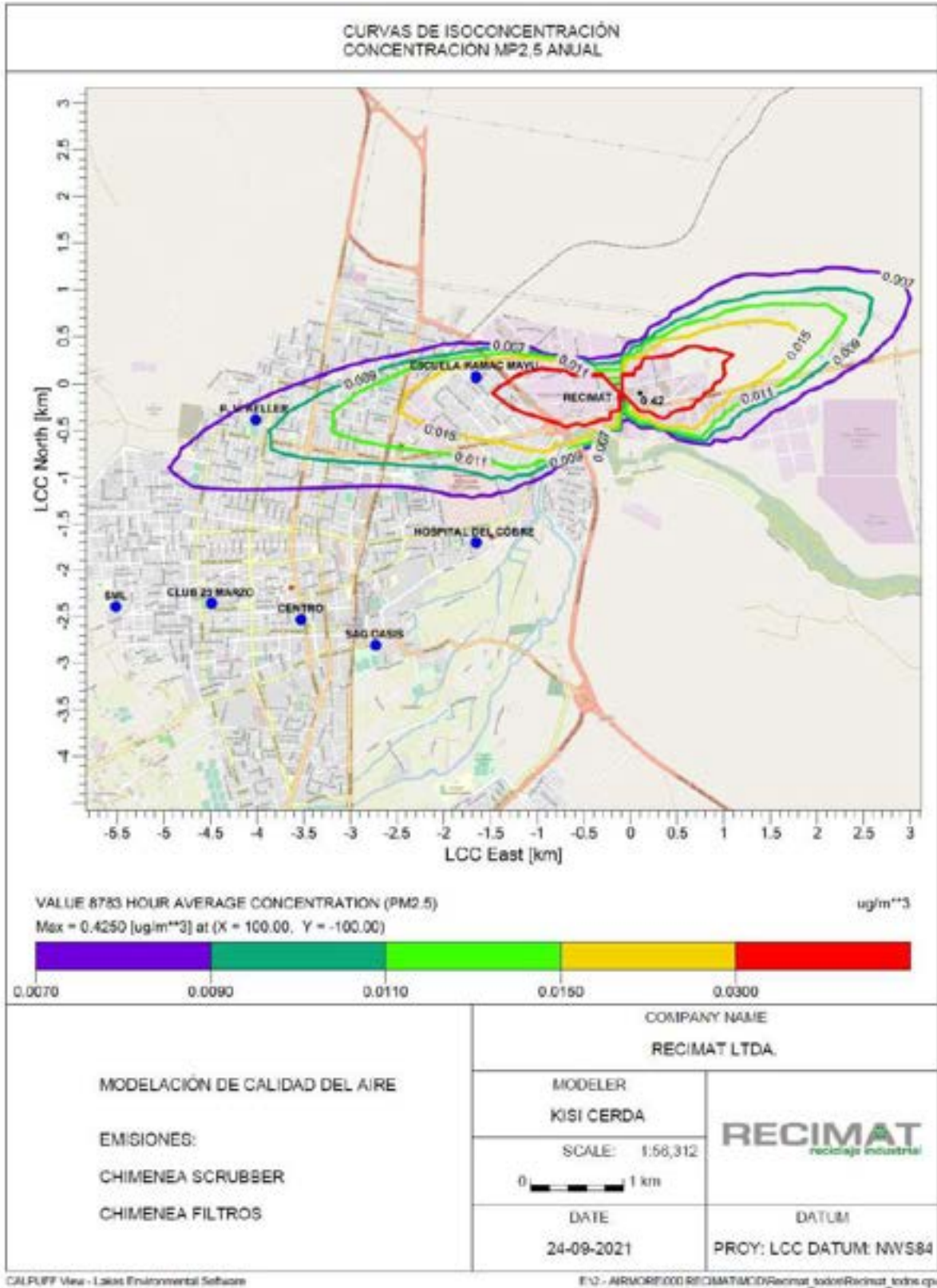
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-4 Curvas de Isoconcentración – MP2,5 24 horas Percentil 98



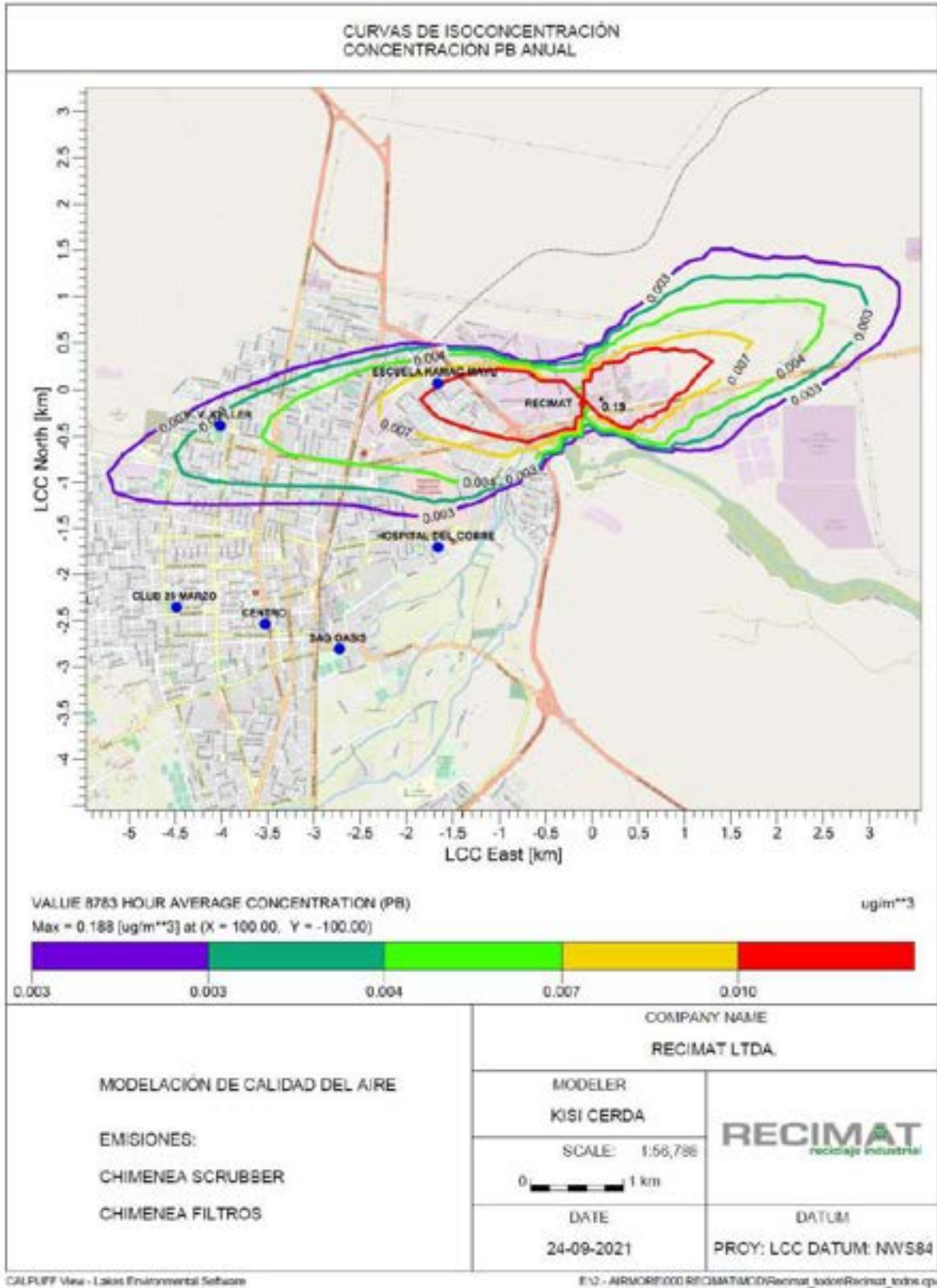
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-5 Curvas de Isoconcentración – MP2,5 Anual



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-6 Curvas de Isoconcentración – Pb Anual



Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

La caracterización meteorológica del área en donde se emplaza la planta RECIMAT, elaborada mediante los registros efectuados en la estación Hospital del Cobre, permite determinar que la velocidad del viento presenta un promedio de 4,1 m/s, con mínimos de 2,5 m/s durante la noche y máximos de 6,5 m/s durante la tarde. La dirección predominante del viento durante el día es oeste y durante el período nocturno es este.

La modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos utilizó la información meteorológica contenida en el modelo WRF (WeatherResearch and Forecasting Model) descrito en la Sección 4.2. En el análisis de incertidumbre del modelo, efectuado para un punto del dominio (correspondiente a la estación Hospital del Cobre), se obtiene una diferencia entre la intensidad del viento modelada y la medida. No obstante, el modelo meteorológico WRF utilizado en la modelación de calidad del aire, fue elaborado tomando en cuenta todas las indicaciones presentadas por la Autoridad Ambiental en la “Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEA”, constituyendo la mejor herramienta disponible para incorporar información meteorológica al sistema de modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos. Además, la estimación de las emisiones y el modelo de calidad del aire se construyeron, ambos, de manera de representar, simular y evaluar el peor escenario posible de emisiones atmosféricas con el fin de obtener resultados conservadores.

El modelo de calidad del aire desarrollado para evaluar el impacto de la operación de la planta RECIMAT considera las emisiones atmosféricas evacuadas a través de sus dos chimeneas: Chimenea Scrubber y Chimenea Filtros. Las emisiones de material particulado fueron obtenidas a través del muestreo isocinético efectuado en mayo del presente año y las emisiones de plomo se definieron a partir del límite máximo permitido por la norma mexicana para fundiciones de dicho elemento con el fin de simular el peor escenario posible para este contaminante.

El análisis de los resultados de la modelación, indica que el aporte de RECIMAT es bajo incluso en los puntos de máximo impacto, alcanzando en el peor de los casos el 2% de la norma de calidad del aire para la concentración anual de plomo. Así, las concentraciones obtenidas cumplen con toda la normativa primaria de calidad del aire vigente en el territorio nacional, tanto en los receptores discretos como en los puntos de máximo impacto. De este modo se puede concluir que las emisiones generadas por RECIMAT no producen un impacto sobre la salud de la población.



Kisi Valeska Cerda Palma
Ingeniero Civil Ambiental

7. BIBLIOGRAFÍA

GUÍA PARA EL USO DE MODELOS DE CALIDAD DEL AIRE EN EL SEIA. SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2012.

INFORME RED DE MONITOREO AMBIENTAL, CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA. SERVICIO DE MONITOREO RED DE CALIDAD DE AIRE Y METEOROLOGÍA, OPERACIÓN Y ARRIENDO DE EQUIPOS DISTRITO NORTE. CODELCO CHILE. 2020

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-166-SEMARNAT-2014, CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LA FUNDICIÓN SECUNDARIA DE PLOMO. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5378252&fecha=09/01/2015

8. ANEXOS

ANEXO 1 Anexo 1 Informe de Resultados. Muestreo Isocinético Oficial de Material Particulado. Axis Ambiental SpA

ANEXO 2 ARCHIVOS DE ENTRADA Y SALIDA DEL MODELO (DIGITAL)

ANEXO 1

Anexo 1 Informe de Resultados. Muestreo Isocinético Oficial de Material Particulado. Axis Ambiental SpA



**ANEXO 1.3. RESUMEN EJECUTIVO
INFORMES DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE
MUESTRAS DE SUELO – ALS LIFE SCIENCES
CHILE.**

**PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO REFUNDIDO 03-07-24
PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO D-031-2020.
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE.**

**CALAMA
03 DE JULIO DE 2024.**



RESUMEN EJECUTIVO

**“INFORMES DE MUESTREO Y ANALISIS DE MUESTRAS
DE SUELO - ALS LIFE SCIENCES CHILE”**

ABRIL 2022

Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS84 H19 de ubicación puntos de muestreos	1
---	---

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación puntos de muestreo ALS diciembre 2021	5
Figura 2. Ubicación puntos de muestreo M. Estudio RECIMAT – 2017. Muestreados 2021 ALS.....	6
Figura 3. Ubicación puntos de muestreo SMA-SRMS. Muestreados 2021 -ALS.....	7
Figura 4. Ubicación puntos de muestreo PMI Modelación Atmosférica Plomo. Muestreados 2021 - ALS.....	8

Anexos

- INFORME DE ENSAYO: 78315/2021 - v.:1
- INFORME DE ENSAYO: 589/2022.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-2.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-3.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-4.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-5.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-6.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-7.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-8.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-9.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-10 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2021-11.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-12 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-13 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-14 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-15 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-16 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-17 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-18 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-19 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-20 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-21 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-22 V1.
- INFORME DE MUESTREO PUNTUAL ETFA N° M-78315/2022-23 V1.

1. Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA).

Para la ejecución de los muestreos y análisis de plomo en suelo en la ciudad de Calama, se contrató a ETFA siguiente:

ALS LIFE SCIENCES CHILE

La cual realizó los muestreos de 40 puntos durante los días 20 y 21 de diciembre de 2021.

Se adjuntan los informes correspondientes a los muestreos y análisis.

2. Coordenadas de Ubicación puntos de muestreo.

En la tabla siguiente se muestra la ubicación de los puntos de muestreo y análisis de suelo.

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS84 H19 de ubicación puntos de muestreos

N°	Muestra	Plomo total (mg/kg)	Fecha muestreo	Hora de muestreo	Número de muestra	Tipo Muestreo	Informe Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 H19		Observación
								Norte	Este	
1	M-1	5,85	20-12-2021	13:46	705488/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-14	7.515.971	510.136	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
2	M-1	6,55	20-12-2021	13:46	705489/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-14	7.515.971	510.136	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
3	M-2	8,02	20-12-2021	14:24	705492/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-15	7.516.722	512.703	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
4	M-2	8,25	20-12-2021	14:24	705493/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-15	7.516.722	512.703	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
5	M-3	18,20	20-12-2021	18:33	705534/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-23	7.518.700	509.299	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
6	M-3	17,80	20-12-2021	18:33	705535/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-23	7.518.700	509.299	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
7	M-5	11,50	21-12-2021	10:57	705578/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-3	7.518.322	509.936	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
8	M-5	12,10	21-12-2021	10:57	705579/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-4	7.518.322	509.936	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
9	M-7	9,08	20-12-2021	11:47	705477/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-12	7.518.473	506.857	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
10	M-7	9,88	20-12-2021	11:47	705477/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-12	7.518.473	506.857	Muestreo Estudio RECIMAT 2017

N°	Muestra	Plomo total (mg/kg)	Fecha muestreo	Hora de muestreo	Número de muestra	Tipo Muestreo	Informe Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 H19		Observación
								Norte	Este	
11	M-9	8,68	20-12-2021	11:15	705474/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-12	7.519.480	506.014	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
12	M-9	8,98	20-12-2021	11:15	705476/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-12	7.519.480	506.014	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
13	M-12	23,30	21-12-2021	12:09	705593/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-6	7.517.767	509.038	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
14	M-12	21,70	21-12-2021	12:09	705595/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-7	7.517.767	509.038	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
15	M-13	8,53	20-12-2021	12:14	705481/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-13	7.517.650	505.244	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
16	M-13	9,11	20-12-2021	12:14	705482/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-13	7.517.650	505.244	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
17	M-20	2,77	20-12-2021	13:04	705484/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-13	7.511.669	504.184	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
18	M-20	2,85	20-12-2021	13:04	7054857201 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-13	7.511.669	504.184	Muestreo Estudio RECIMAT 2017
19	SMA-SRMS 1	16,90	21-12-2021	14:49	705611/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-11	7.518.633	507.623	Fusiona SMA 1 y SRMS 24
20	SMA-SRMS 1	16,40	21-12-2021	14:49	705613/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-11	7.518.633	507.623	Fusiona SMA 1 y SRMS 24
21	SMA-SRMS 2	10,10	20-12-2021	19:29	705546/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-19	7.518.749	508.993	Fusiona SMA 2 y SRMS 1
22	SMA-SRMS 2	9,79	20-12-2021	19:29	705547/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-19	7.518.749	508.993	Fusiona SMA 2 y SRMS 1
23	SMA-SRMS 3	10,90	20-12-2021	19:38	705548/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-20	7.518.506	508.755	Fusiona SMA 3 y SRMS 2
24	SMA-SRMS 3	10,90	20-12-2021	19:38	705549/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-20	7.518.506	508.755	Fusiona SMA 3 y SRMS 2
25	SMA-SRMS 4	19,00	20-12-2021	16:47	705626/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-16	7.518.268	508.472	Fusiona SMA 4 y SRMS 3
26	SMA-SRMS 4	19,70	20-12-2021	16:47	705494/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-16	7.518.268	508.472	Fusiona SMA 4 y SRMS 3
27	SMA-SRMS 5	11,50	20-12-2021	17:06	705495/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-17	7.518.240	508.770	Fusiona SMA 5 y SRMS 6
28	SMA-SRMS 5	11,40	20-12-2021	17:06	705496/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-17	7.518.240	508.770	Fusiona SMA 5 y SRMS 6
29	SMA-SRMS 6	28,90	20-12-2021	17:48	705499/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-21	7.518.504	509.005	Fusiona SMA 6 y SRMS 5
30	SMA-SRMS 6	27,70	20-12-2021	17:48	705500/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-21	7.518.504	509.005	Fusiona SMA 6 y SRMS 5
31	SMA-SRMS 7	20,20	20-12-2021	18:18	705513/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-22	7.518.744	509.184	Fusiona SMA 7 y SRMS 4
32	SMA-SRMS 7	19,70	20-12-2021	18:18	705514/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-22	7.518.744	509.184	Fusiona SMA 7 y SRMS 4
33	SMA-SRMS 8	35,50	20-12-2021	18:07	705504/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-22	7.518.509	509.255	Fusiona SMA 8 y SRMS 7
34	SMA-SRMS 8	35,40	20-12-2021	18:07	705505/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-22	7.518.509	509.255	Fusiona SMA 8 y SRMS 7

N°	Muestra	Plomo total (mg/kg)	Fecha muestreo	Hora de muestreo	Número de muestra	Tipo Muestreo	Informe Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 H19		Observación
								Norte	Este	
35	SMA-SRMS 9	7,38	21-12-2021	9:12	705558/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021	7.518.232	508.996	Fusiona SMA 9 y SRMS 8
36	SMA-SRMS 9	7,19	21-12-2021	9:12	705557/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-1	7.518.232	508.996	Fusiona SMA 9 y SRMS 8
37	SMA-SRMS 10	9,73	20-12-2021	16:31	705622/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-16	7.517.964	508.717	Fusiona SMA 10 y SRMS 9
38	SMA-SRMS 10	10,10	20-12-2021	16:31	705625/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-16	7.517.964	508.717	Fusiona SMA 10 y SRMS 10
39	SMA-SRMS 11	28,20	20-12-2021	17:26	705497/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-21	7.517.947	508.956	Fusiona SMA 11 y SRMS 12
40	SMA-SRMS 11	32,90	20-12-2021	17:26	705498/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-21	7.517.947	508.956	Fusiona SMA 11 y SRMS 12
41	SMA-SRMS 12	33,60	20-12-2021	19:16	705544/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-19	7.518.254	509.256	Fusiona SMA 12 y SRMS 11
42	SMA-SRMS 12	31,60	20-12-2021	19:16	705545/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-19	7.518.254	509.256	Fusiona SMA 12 y SRMS 11
43	SMA-SRMS 13	11,20	21-12-2021	8:59	705550/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021	7.518.461	509.455	Fusiona SMA 13 y SRMS 10
44	SMA-SRMS 13	11,80	21-12-2021	8:59	705551/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-1	7.518.461	509.455	Fusiona SMA 13 y SRMS 10
45	SMA-SRMS 14	13,40	20-12-2021	19:05	705540/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-18	7.518.029	509.260	Fusiona SMA 14 y SRMS 14
46	SMA-SRMS 14	12,40	20-12-2021	19:05	705543/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-18	7.518.029	509.260	Fusiona SMA 14 y SRMS 14
47	SMA-SRMS 16	21,80	20-12-2021	18:47	705536/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-18	7.518.268	509.729	Fusiona SMA 16 y SRMS 15
48	SMA-SRMS 16	20,80	20-12-2021	18:47	705537/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-18	7.518.268	509.729	Fusiona SMA 16 y SRMS 15
49	SMA-SRMS 17	15,30	20-12-2021	16:08	705615/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-15	7.517.993	509.499	Fusiona SMA 17 y SRMS 16
50	SMA-SRMS 17	14,10	20-12-2021	16:08	705618/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-15	7.517.993	509.499	Fusiona SMA 17 y SRMS 16
51	SMA-SRMS 18	5,56	21-12-2021	12:24	705596/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021-6	7.517.737	509.499	Fusiona SMA 18 y SRMS 21
52	SMA-SRMS 18	5,37	21-12-2021	12:24	705597/2021 - 1.1	Profundo	M-78315/2021-7	7.517.737	509.499	Fusiona SMA 18 y SRMS 21
53	SMA-SRMS 19	5,34	21-12-2021	12:36	705598/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-8	7.517.748	509.738	Fusiona SMA 19 y SRMS 20
54	SMA-SRMS 19	5,04	21-12-2021	12:36	705599/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-8	7.517.748	509.738	Fusiona SMA 19 y SRMS 20
55	SMA-SRMS 20	14,80	21-12-2021	14:26	705608/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-9	7.517.980	509.738	Fusiona SMA 20 y SRMS 18
56	SMA-SRMS 20	16,10	21-12-2021	14:26	705609/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-9	7.517.980	509.738	Fusiona SMA 20 y SRMS 18
57	SMA-SRMS 21	15,80	21-12-2021	13:06	705606/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-9	7.517.983	509.994	Fusiona SMA 21 y SRMS 17
58	SMA-SRMS 21	15,00	21-12-2021	13:06	705607/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-10	7.517.983	509.994	Fusiona SMA 21 y SRMS 17

N°	Muestra	Plomo total (mg/kg)	Fecha muestreo	Hora de muestreo	Número de muestra	Tipo Muestreo	Informe Muestreo	Coordenadas UTM WGS84 H19		Observación
								Norte	Este	
59	SMA-SRMS 22	13,70	21-12-2021	12:45	705602/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-9	7.517.767	509.979	Fusiona SMA 22 y SRMS 19
60	SMA-SRMS 22	14,20	21-12-2021	12:45	705603/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-10	7.517.767	509.979	Fusiona SMA 22 y SRMS 19
61	SMA-SRMS 23	13,60	21-12-2021	12:54	705604/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-9	7.517.877	510.024	Fusiona SMA 23 y SRMS 22
62	SMA-SRMS 23	15,80	21-12-2021	12:54	705605/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-9	7.517.877	510.024	Fusiona SMA 23 y SRMS 22
63	SMA-SRMS 24	25,70	21-12-2021	11:57	705586/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-6	7.518.286	510.794	Fusiona SMA 24 y SRMS 23
64	SMA-SRMS 24	24,80	21-12-2021	11:57	705587/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-7	7.518.286	510.794	Fusiona SMA 24 y SRMS 23
65	PMI1-1	13,20	21-12-2021	9:43	705561/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021	7.518.522	510.996	Puntos modelación calidad del aire
66	PMI1-1	13,20	21-12-2021	9:43	705563/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-1	7.518.522	510.996	Puntos modelación calidad del aire
67	PMI1-2	11,10	21-12-2021	9:37	705558/2021 - 1.1	Superficial	M-78315/2021	7.518.483	510.989	Puntos modelación calidad del aire
68	PMI1-2	10,50	21-12-2021	9:37	705559/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-1	7.518.483	510.989	Puntos modelación calidad del aire
69	PMI1-3	25,20	21-12-2021	11:33	705582/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-5	7.518.813	511.397	Puntos modelación calidad del aire
70	PMI1-3	23,50	21-12-2021	11:33	705583/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-5	7.518.813	511.397	Puntos modelación calidad del aire
71	PMI1-4	21,40	21-12-2021	11:42	705584/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-6	7.518.358	511.495	Puntos modelación calidad del aire
72	PMI1-4	22,30	21-12-2021	11:42	705585/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-6	7.518.358	511.495	Puntos modelación calidad del aire
73	PMI2-1	21,10	21-12-2021	10:11	705564/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-2	7.518.518	510.586	Puntos modelación calidad del aire
74	PMI2-1	19,90	21-12-2021	10:11	705568/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-2	7.518.518	510.586	Puntos modelación calidad del aire
75	PMI2-2	10,30	21-12-2021	10:24	705569/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-3	7.518.456	510.583	Puntos modelación calidad del aire
76	PMI2-2	10,10	21-12-2021	10:24	705574/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-4	7.518.456	510.583	Puntos modelación calidad del aire
77	PMI2-3	24,90	21-12-2021	11:08	705580/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-3	7.518.652	510.078	Puntos modelación calidad del aire
78	PMI2-3	25,70	21-12-2021	11:08	705581/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-4	7.518.652	510.078	Puntos modelación calidad del aire
79	PMI2-4	6,87	21-12-2021	10:44	705576/2021 - 1.0	Superficial	M-78315/2021-3	7.518.159	510.236	Puntos modelación calidad del aire
80	PMI2-4	7,47	21-12-2021	10:44	705577/2021 - 1.0	Profundo	M-78315/2021-4	7.518.159	510.236	Puntos modelación calidad del aire

Fuente: Elaboración propia de informes ALS.

3. Imágenes de ubicación puntos de muestreos.

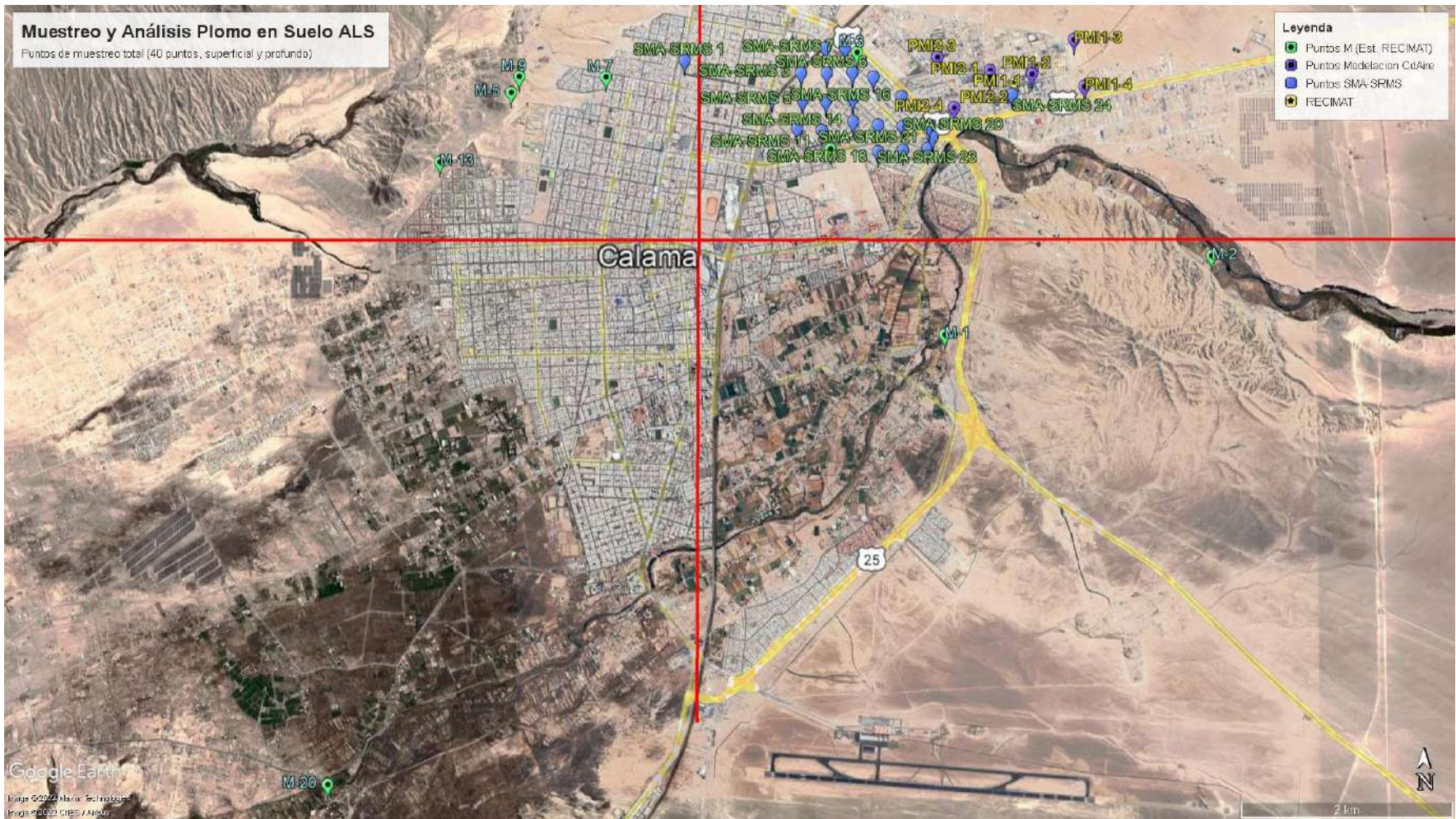


Figura 1. Ubicación puntos de muestreo ALS diciembre 2021.

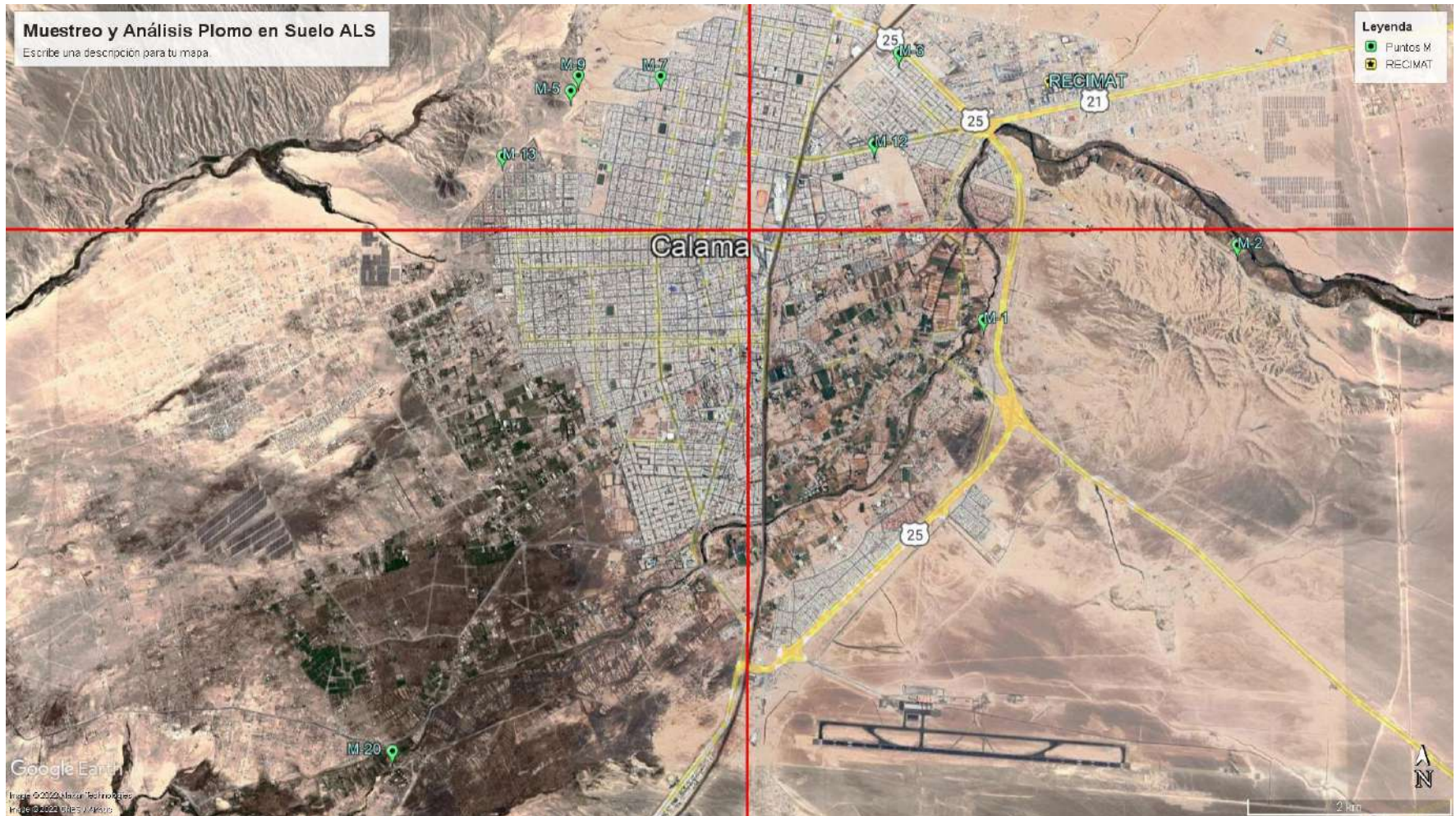


Figura 2. Ubicación puntos de muestreo M. Estudio RECIMAT – 2017. Muestreos 2021 ALS.



Figura 3. Ubicación puntos de muestreo SMA-SRMS. Muestreos 2021 -ALS.



Figura 4. Ubicación puntos de muestreo PMI Modelación Atmosférica Plomo. Muestreos 2021 - ALS.



**ANEXO 2. INFORME MODELACIÓN DE
DISPERSIÓN DE
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DIA
“PROYECTO COMPLEMENTO MODULO RAM”**

**PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO REFUNDIDO 03-07-24
PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO D-031-2020.
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE.**

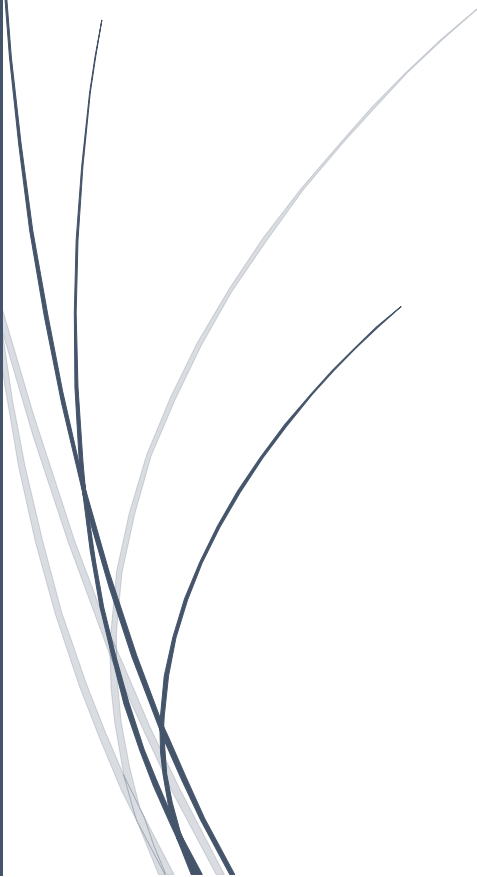
**CALAMA
03 DE JULIO DE 2024.**

A dark blue vertical bar is on the left side of the page. A blue arrow-shaped graphic points to the right, overlapping the vertical bar. The text "DIC-2016" is centered within this arrow.

DIC-2016

Anexo N° 29

Informe Modelación de Dispersión de
Contaminantes Atmosféricos

A series of thin, curved lines in shades of blue and grey originate from the bottom left and sweep upwards and to the right, creating a decorative, organic shape.


RAM LTDA.
RECICLADORA AMBIENTAL LTDA.

INFORME MODELACION DE DISPERSION DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

“PROYECTO COMPLEMENTO MODULO RAM”

RECICLADORA AMBIENTAL LTDA.

Noviembre del 2016

	
Jefe de Área Ambiental	Christian Apablaza Santis Ingeniero de Ejecución Ambiental.
Gestor de Proyecto	Daniel Tapia Herrera Ph.D., M.Sc. en Ecología.

1 **Tabla de contenido**

1	INTRODUCCION	7
1.1	Alcance del estudio	7
2	FUNDAMENTO TEORICO	8
2.1	Modelos de dispersión de Contaminantes Atmosféricos.	8
2.1.1	Modelos Gaussianos.....	9
2.1.2	Modelos Eulerianos.	9
2.1.3	Modelos Lagrangianos.....	10
2.2	Sistema de Modelación WRF-CALPUFF.....	10
	METEOROLOGIA Y CLIMA.....	11
2.3	Descripción Climática.	12
2.4	Climatología Local de Calama.	13
2.5	Análisis Meteorológico.	14
2.5.1	Análisis de las Variables Meteorológicas.	16
2.6	Meteorología año base 2014.....	21
2.6.1	Velocidad del Viento.....	21
2.6.2	Dirección de viento.....	23
2.6.3	Temperatura.....	23
3	ANALISIS DE CALIDAD DEL AIRE.....	25
3.1	Material particulado fino respirable de diámetro aerodinámico de hasta 10 μm (PM10). 26	
3.2	Material particulado fino respirable de diámetro aerodinámico de hasta 2.5 μm (PM2.5) 28	
3.3	Gases (CO, NO ₂ y SO ₂).....	30
3.4	SO ₂ para Norma Secundaria D.S. 22/2010.....	30
3.5	Análisis de la modelación meteorológica WRF.	31
3.5.1	Dominio de la Modelación.....	32
3.5.2	Evaluación de la modelación meteorológica.	32
3.6	Análisis de incertidumbre de la modelación meteorológica.....	42
3.6.1	Bondad de Ajuste de modelación Meteorológica.....	42
3.6.2	Análisis de Incertidumbre	43
4	INFORMACIÓN INGRESADA AL MODELO	46
4.1.1	Fuentes y Emisiones	46
5	RESULTADOS	48

5.1	Material Particulado Respirable (PM10).....	50
5.1.1	Concentración 24 horas.....	50
5.1.2	Concentración Anual	53
5.1.3	Puntos de Máximo Impacto.....	53
5.1.4	Ciclo diario del aporte de PM10	54
5.2	Dióxido de Azufre (SO ₂)	54
5.2.1	Concentración 24 horas.....	54
5.2.2	Concentración Anual	57
5.2.3	Concentración 1 hora	58
5.2.4	Puntos de Máximo Impacto.....	58
5.2.5	Ciclo diario del aporte de SO ₂	60
5.3	PLOMO (Pb).....	61
5.3.1	Concentración Anual (Pb)	61
5.3.2	Puntos de Máximo Impacto.....	64
5.3.3	Ciclo Diario de Pb.....	65
6	Conclusiones	65

Índice de Ilustración

Ilustración 1 Plano de referencia ubicación de Planta RAM, Loteo Puerto Seco, Calama.	7
Ilustración 2 Modelos de calidad de aire.	8
Ilustración 3 Diagrama de un modelo Gaussiano de dispersión de contaminantes atmosféricos.	9
Ilustración 4 Ubicación referencial del Proyecto.	11
Ilustración 5 Caracterización de clima. Fuente: Mapas de Chile.	13
Ilustración 6 Imagen de información general de Estación Colegio Pedro Vergara Keller. Fuente: www.sinca.cl.	15
Ilustración 7 Ubicación referencial de estación Meteorológica Colegio Pedro Vergara Keller. Fuente: Imagen Google Earth 02-2015.	16
Ilustración 8 Ciclo diario de la velocidad del viento para los años 2013, 2014 y 2015.	18
Ilustración 9 Comparación de la distribución mensual de la velocidad del viento.	18
Ilustración 10 Ciclo diario de temperatura para los años 2013, 2014 y 2015.	19
Ilustración 11 Comparación de la distribución mensual de la temperatura para los años 2013, 2014 y 2015.	19
Ilustración 12 Rosa de vientos año 2013.	20
Ilustración 13 Rosa de vientos año 2014.	20
Ilustración 14 Rosa de vientos año 2015.	21
Ilustración 15 Perfil Horario de velocidad de viento para la estación Pedro Vergara Keller, año 2014.	22
Ilustración 16 Perfil horario mensual de velocidad de viento para estación Pedro Vergara Keller, año 2014.	22
Ilustración 17 Ciclo diario de Dirección de Viento.	23
Ilustración 18 Perfil Horario de temperatura, estación Pedro Vergara Keller, año 2014.	24
Ilustración 19 Perfil mensual-horario de la temperatura, estación Pedro Vergara Keller, Año 2014.	24
Ilustración 20 Serie de tiempo, promedio diario PM10, periodo 2013 - 2015, estación Centro de Calama.	27
Ilustración 21 Serie de tiempo, promedio diario PM10, periodo 2013 - 2015, estación Colegio Pedro Vergara Keller.	27
Ilustración 22 Serie de tiempo de concentraciones diarias de PM2.5, estación Centro de Calama.	29
Ilustración 23 Serie de tiempo de concentraciones diarias de PM2.5, estación Colegio Pedro Vergara Keller.	29
Ilustración 24 Dominio de la modelación. Fuente: Elaboración propia.	32
Ilustración 25 Perfil horario y mensual de las dirección y velocidad del viento a) observada y b) modelada por WRF, para el punto estación Colegio Pedro Vergara Keller, año 2014.	33
Ilustración 26 Frecuencias de las direcciones de viento a nivel diario de la estación Colegio Pedro Vergara Keller (Observada en la parte superior, y modelada en WRF en la parte inferior), año 2014.	34
Ilustración 27 Ciclo diario de la temperatura (°C). Datos observados en el gráfico superior y datos modelados en el gráfico inferior.	35
Ilustración 28 Ciclo diario y estacionario de la temperatura (Observado en el gráfico superior y modelado en inferior).	36

Ilustración 29 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 10 (m) sobre superficie.	37
Ilustración 30 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 30 (m) sobre superficie.	38
Ilustración 31 Campo de vientos y temperatura obtenida del modelo WRF: 60 (m) sobre superficie.	38
Ilustración 32 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 120 (m) sobre superficie.	39
Ilustración 33 Campo de vientos y temperatura obtenida del modelo WRF: 240 (m) sobre superficie.	39
Ilustración 34 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 480 (m) sobre superficie.	40
Ilustración 35 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 920 (m) sobre superficie.	40
Ilustración 36 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 1600 (m) sobre superficie.	41
Ilustración 37 Campo de Vientos y Temperatura obtenida del modelo WRF. 2500 (m) sobre superficie.	41
Ilustración 38 Receptores discretos de la ciudad de Calama.	44
Ilustración 39 Grilla de receptores.	44
Ilustración 40 Representación de las fuentes fijas modeladas (existente y proyectada) de la planta RAM.	47
Ilustración 41 Concentración 24 horas PM10 – Estación Centro.	50
Ilustración 42 Concentración 24 horas PM10 – Estación Colegio Pedro Vergara Keller.	51
Ilustración 43 Concentración 24 horas PM10 – Chiu Chiu.	51
Ilustración 44 Concentración 24 horas PM10 – Estación Chuquicamata.	51
Ilustración 45 Concentración 24 horas PM10 – Escuela Kamac Mayu.	52
Ilustración 46 Concentración 24 horas PM10 – Hospital del Cobre.	52
Ilustración 47 Ciclo diario del aporte de PM10 en receptores discretos.	54
Ilustración 48 Concentración 24 horas SO ₂ – Estación Centro.	55
Ilustración 49 Concentración 24 horas SO ₂ – Estación Colegio Pedro Vergara Keller.	56
Ilustración 50 Concentración 24 horas SO ₂ – Chiu Chiu.	56
Ilustración 51 Concentración 24 horas SO ₂ – Chuquicamata.	56
Ilustración 52 Concentración 24 horas SO ₂ – Escuela Kamac Mayu.	57
Ilustración 53 Concentración 24 horas SO ₂ - Hospital del Cobre.	57
Ilustración 54 Plano de ubicación de los puntos de mayor impacto (PMI) de SO ₂ .	60
Ilustración 55 Ciclo diario del aporte de SO ₂ en receptores discretos.	60
Ilustración 56 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Estación Centro.	61
Ilustración 57 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Estación Colegio Pedro Vergara Keller.	62
Ilustración 58 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Chiu Chiu.	62
Ilustración 59 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Chuquicamata.	63
Ilustración 60 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Estación Escuela Kamac Mayu.	63
Ilustración 61 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Hospital del Cobre.	64

Ilustración 62 Ciclo diario del aporte de Pb en receptores discretos.65

Índice de Tablas

Tabla 1 Localización y variables meteorológicas a medir.	14
Tabla 2 Periodo de medición de variables, estación meteorológica Colegio Pedro V. Keller.	15
Tabla 3 Comparación estadística de variables meteorológicas según año. Estación Colegio Pedro Vergara Keller.	17
Tabla 4 Localización de estaciones de calidad del aire consideradas para línea de base.	25
Tabla 5 Resumen de la estación de calidad del aire Centro de Calama.	26
Tabla 6 Resumen de la estación de calidad del aire Colegio Pedro Vergara Keller.	26
Tabla 7 Percentil 98 y media aritmética anual PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), estación Centro de Calama.	28
Tabla 8 Percentil 98 y media aritmética anual PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), estación Colegio Pedro Vergara Keller.	28
Tabla 9 Estadígrafo de gases, año 2013- 2015, estación Centro de Calama.	30
Tabla 10 Estadígrafo de SO ₂ , año 2013- 2015, para Norma Secundaria.	30
Tabla 11 Parámetros geoespaciales del modelo meteorológico WRF.	31
Tabla 12 Receptores discretos o de interés evaluados en la modelación (coordenadas UTM, WGS84 y HUSO 19).	43
Tabla 13 Estadígrafos meteorológicos observados y modelados del Colegio Pedro Vergara Keller.	45
Tabla 14 Características físicas y operacionales Chimenea del Horno N°1 RAM.	46
Tabla 15 Resumen de las emisiones de contaminantes atmosféricas modeladas.	47
Tabla 16 Proyectos sumados a la línea de base construida a partir del receptor Estación Centro.	49
Tabla 17 Proyectos sumados a la línea de base construida a partir del receptor Colegio Pedro Vergara Keller.	49
Tabla 18 Concentración PM10, 24 horas, Percentil 98.	50
Tabla 19 Concentración Anual PM10 - Aporte de ambas chimeneas de hornos RAM.	53
Tabla 20 Aporte de PM10 en Puntos de Máximo Impacto (PMI).	53
Tabla 21 Concentración SO ₂ , 24 horas, Percentil 99 (Norma Primaria).	55
Tabla 22 Concentración SO ₂ , 24 horas, Percentil 99,7 (Norma Secundaria).	55
Tabla 23 Concentración Anual SO ₂ - Aporte ambos chimeneas RAM. (Norma Primaria y Secundaria)	58
Tabla 24 Concentración 1 hora SO ₂ - Aporte ambas chimeneas RAM.	58
Tabla 25 Punto de Máximo Impacto (PMI) en la Norma Primaria de SO ₂	59
Tabla 26 Punto de Máximo Impacto (PMI) Norma Secundaria de SO ₂	59
Tabla 27 Concentración Pb anual en receptores discretos.	61
Tabla 28 Aporte de Pb en Puntos de Máximo Impacto (PMI).	64

1 INTRODUCCION

La planta de la empresa Recicladora Ambiental, RAM Ltda., se encuentra emplazada en la salida Noreste de Calama a un costado de la Ruta 21, específicamente en el Barrio Industrial del Loteo Puerto Seco, Lote 2-Calama, Región de Antofagasta.



Ilustración 1 Plano de referencia ubicación de Planta RAM, Loteo Puerto Seco, Calama.

1.1 Alcance del estudio

La empresa Recicladora Ambiental Ltda. (en adelante RAM), se dedica a tratar residuos plomados tales como baterías de plomo-ácido fuera de uso, borras plomadas y chatarra anódica, que se generan en todo el país. La empresa cuenta con una red logística que le permite transportar este residuo hasta la planta recicladora, teniendo esta una capacidad de tratamiento de 2.680 ton/mes de compuestos plomados en un horno de fundición. RAM necesita ampliar su capacidad de tratamiento hasta 5.360 ton/mes, y, puesto que el proceso de tratamiento implica la fundición de plomo, la planta requiere de la instalación de un segundo horno rotatorio, el cual será de las mismas dimensiones que el horno actualmente en funcionamiento, junto con los mismos sistemas de abatimiento (Filtro de Manga y Scrubber). Por lo tanto, dicha ampliación implica que el proyecto deba ingresar obligatoriamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, a través de una Declaración de Impacto Ambiental.

En este contexto, RAM ha solicitado a UASVISION SpA., la modelación de la dispersión de sus contaminantes a la atmosfera provenientes de la fuente fija existente y aquella en evaluación. El objetivo de la modelación para RAM es entregar las herramientas de juicio para determinar si su

proyecto representa un riesgo para la salud de las personas, o causa un impacto significativo en el medio ambiente.

2 FUNDAMENTO TEORICO

2.1 Modelos de dispersión de Contaminantes Atmosféricos.

Según el Anexo 1 “Fundamentos de la Contaminación Atmosférica” de la “Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA” del Servicio de Impacto Ambiental (SEA), los modelos de dispersión atmosférica son frecuentemente utilizados para estimar concentraciones ambientales de contaminantes producto de la emisión a la atmósfera desde fuentes fijas, móviles o difusas, bajo condiciones desfavorables.

La aplicación de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos, como herramienta de gestión ambiental, y específicamente como herramienta de evaluación de impacto ambiental, se encuentra limitada a lo exigido por la legislación ambiental nacional. Los modelos numéricos de calidad del aire son herramientas matemáticas destinadas a simular los procesos físicos y químicos que afectan a los contaminantes cuando se dispersan o reaccionan en la atmósfera. Se basan en datos meteorológicos, topográficos, tasas de emisión de los contaminantes desde su origen y las características físicas de la fuente. Los modelos de dispersión tienen como objetivo fundamental caracterizar el movimiento de los contaminantes atmosféricos primarios, que una vez emitidos ingresan directamente a la atmósfera y, en algunos casos, contaminantes secundarios que se forman como resultado de reacciones complejas.

Los modelos matemáticos de calidad del aire pueden ser agrupados en modelos Deterministas y modelos Probabilísticos o estadísticos. Los modelos de dispersión existentes se enmarcan dentro de los modelos deterministas y se agrupan en Gaussianos, Eulerianos, Lagrangeanos y de tipo “puff” cuyos conceptos se describen a continuación.

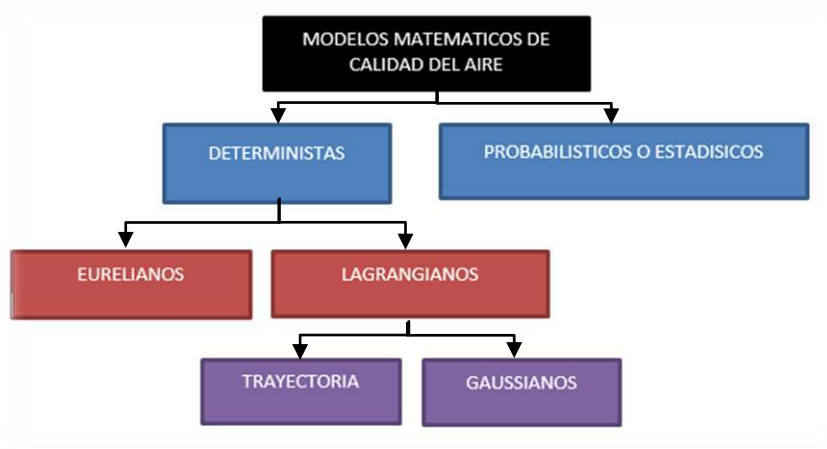


Ilustración 2 Modelos de calidad de aire.

2.1.1 Modelos Gaussianos.

Los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos de tipo Gaussiano, describen la distribución tridimensional de una pluma bajo condiciones meteorológicas y de emisiones estacionarias. La ecuación de distribución gaussiana usa cálculos determinados por un sistema de coordenadas cartesianas que definen la dispersión de la pluma, donde x representa la dirección del viento, z la altura, e y la dirección perpendicular al viento. Esta ecuación determina las concentraciones de contaminantes a partir de una altura de chimenea, sobre la base de condiciones estacionarias, con emisiones y variables atmosféricas constantes, y vientos homogéneos. Por lo tanto, no es posible obtener un escenario completamente realista bajo condiciones de alta variabilidad atmosférica y topografía compleja. Aunque existen modelos Gaussianos que tratan de incluir el efecto del terreno complejo en la distribución espacial de concentraciones, sus conceptos matemáticos son fundamentalmente iguales a aquellos modelos que no lo hacen.

Modelos existentes: AERMOD

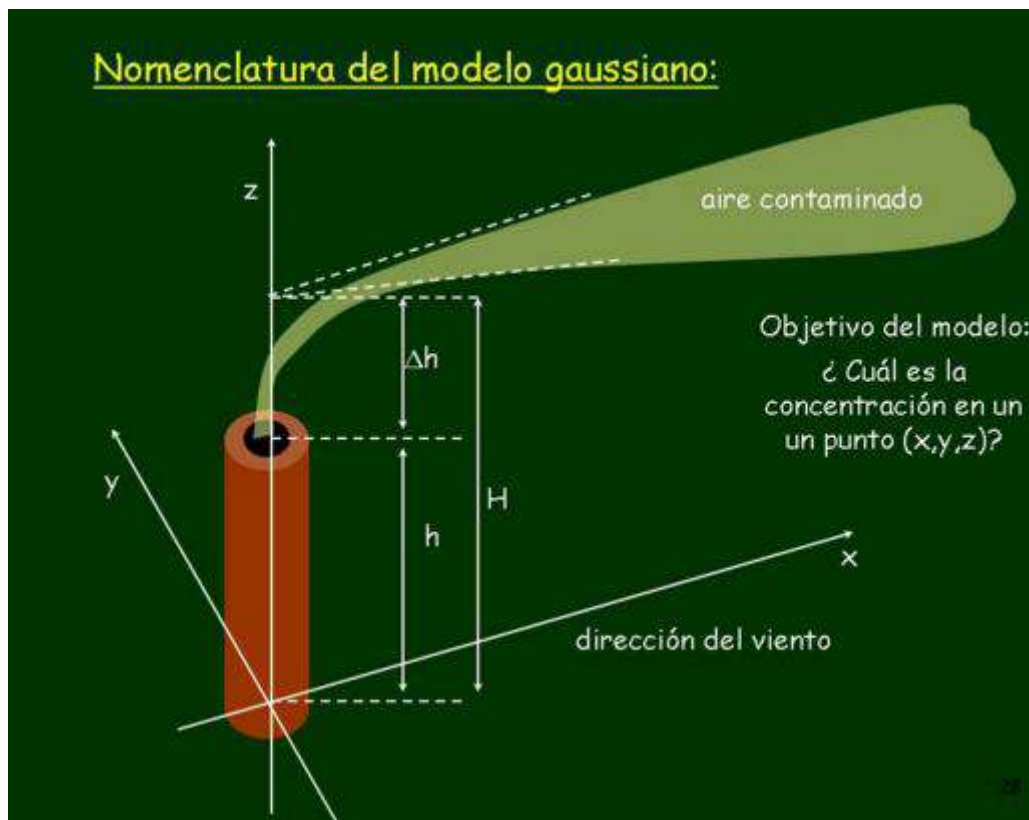


Ilustración 3 Diagrama de un modelo Gaussiano de dispersión de contaminantes atmosféricos.

2.1.2 Modelos Eulerianos.

Según la Guía uso de modelos de calidad del aire del SEIA, los modelos Eulerianos apuntan a incorporar todos los procesos atmosféricos relacionados a la dispersión de contaminantes y su transformación química. Con este fin, estos modelos traducen las leyes físicas y químicas relevantes a ecuaciones matemáticas que son en su gran mayoría de tipo diferencial.

Otra característica de estos modelos es que discretizan el espacio en forma de una grilla (o malla) tridimensional definida por puntos con un determinado espaciamiento horizontal y vertical, el que se denomina resolución espacial de la grilla. El modelo integra las ecuaciones matemáticas en el tiempo en cada uno de los puntos de la grilla, generándose la información de la evolución temporal de las concentraciones en las tres dimensiones de la grilla. Existen distintos grados de complejidad en los modelos Eulerianos en términos de la representación de procesos, desde modelos que consideran sólo la dispersión, hasta modelos que incluyen todos los procesos fotoquímicos y de aerosoles.

Ejemplos de modelo Euleriano: WRF-Chem, CAMx y CMAQ.

2.1.3 Modelos Lagrangianos.

En los modelos lagrangianos, los contaminantes están representados por elementos de tamaño diverso (nubes, segmentos o partículas), que son transportados y dispersados por el viento de una forma independiente. Existen diversos sub-tipos:

- Modelos de penacho segmentado, que dividen los penachos de contaminantes en segmentos.
- “*Lagrangian Gaussian puff models*” (modelos de nubes gaussianas, o de tipo *puff*) que consideran un conjunto de nubes, las cuales presentan una distribución de la contaminación en su interior de tipo gaussiano.

Dentro de este último grupo se tiene el modelo CALPUFF, el cual será el modelo utilizado para la simulación de este proyecto.

2.2 Sistema de Modelación WRF-CALPUFF

El modelo utilizado para determinar el efecto que tendrán las emisiones de material particulado y gases provenientes de la operación del Proyecto, corresponde al sistema de modelación “WRF-CALPUFF” tal como se recomienda en el Anexo 1 “Fundamentos de la Contaminación Atmosférica” de la “Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA” del Servicio de Impacto Ambiental (SEA).

En términos simples, WRF (Weather Research Forecast) es un modelo de pronóstico meteorológico que simula campos de viento y temperatura en un dominio de modelación engrillado y tridimensional. WRF también produce campos en dos dimensiones como altura de mezcla, características de superficie y propiedades de dispersión. Por otra parte, CALPUFF es un modelo que

trata las emisiones como “puffs”, que se van desplazando a través de un campo meteorológico tridimensional. El sistema de modelación CALPUFF incluye dos componentes principales: WRF y CALPUFF, además de una larga selección de preprocesadores diseñados para incluir en el modelo datos meteorológicos y geofísicos, con el objetivo de modelar el transporte y dispersión de contaminantes emitidos por las fuentes emisoras ("puffs"). La salida primaria de este modelo contiene concentraciones y/o flujos de deposición.



Ilustración 4 Ubicación referencial del Proyecto.

METEOROLOGIA Y CLIMA

2.3 Descripción Climática.

El Proyecto se ubica en la unidad geográfica denominada Norte Grande, cuya característica climática es la extrema aridez que se manifiesta especialmente en la depresión intermedia y en las cuencas intermontañas. La cercanía del mar y las alturas del interior contribuyen a crear variaciones climáticas dispuestas en franjas longitudinales. Los cuatro subtipos climáticos, localizados en estas franjas que van de mar a cordillera, son el clima desértico con nublados abundantes, desértico Normal, Desértico frío, y de Tundra de Altura (ver Ilustración 5).

En la franja litoral de la Región de Antofagasta predomina un clima desértico con nubosidad abundante, donde se hace sentir una fuerte influencia del Anticiclón del Pacífico con predominio de los vientos del Sur-oeste, generando una gran estabilidad atmosférica que, por subsidencia, inhibe las precipitaciones. Éstas se presentan en forma muy esporádica, no superando los 3 mm anuales como promedio, en el segmento septentrional y hasta más al Sur de Tocopilla. La presencia del mar produce una moderada amplitud térmica anual y alta humedad. Por otra parte, las horas efectivas de sol varían entre 9,8 y 4,7 entre verano e invierno.

En el sector de Los Andes, bajo los 3.000 m.s.n.m., la aridez se atenúa debido a la ocurrencia de lluvias, las que suelen ser muy irregulares de un año a otro. En el Norte Grande, las precipitaciones presentan valores anuales cercanos a 100 mm a 2.800 m.s.n.m., y a 50 mm a 1.600 m.s.n.m., concentrándose preferentemente en el período de verano. Por otro lado, al noreste de la ciudad de Antofagasta se sitúa la Pampa del Tamarugal, las depresiones endorreicas que la prolongan hacia el sur constituyen los sectores más áridos del Desierto de Atacama y de América del Sur. En este sector predomina, a lo largo de todo el año, una atmósfera transparente y una débil humedad del aire, lo que permite un fuerte asoleamiento diurno y una intensa radiación nocturna, con la ausencia de precipitaciones.



Ilustración 5 Caracterización de clima. Fuente: Mapas de Chile.

2.4 Climatología Local de Calama.

La ciudad de Calama, situada entre 2.000 y 3.000 m.s.n.m., de clima desértico frío con un promedio anual de temperatura de 11,2 °C, registra en sus alrededores temperaturas de -15 °C en invierno y sobre 30 °C en verano.

Sobre los 3.000 m.s.n.m. presenta clima de tundra por las precipitaciones estivales que llegan a la comuna entre noviembre y marzo, las que no sobrepasan los 75 mm.

Calama presenta tres tipos de vientos a lo largo del día: por la mañana el que llega desde la pampa; el que proviene de la cordillera por la tarde, y fuertes ventarrones en la noche.

2.5 Análisis Meteorológico.

En esta sección se detallan las variables meteorológicas, las cuales permiten caracterizar los movimientos y comportamiento de la atmósfera en el área de influencia del Proyecto. Se ha definido el año 2014 como base del análisis por ser el año calendario con data completa de acceso público más cercana a la fecha de ingreso del Proyecto al SEIA, incluyendo además los datos de los años 2013 y 2015. El área de influencia de la componente de calidad del aire del proyecto, corresponde a las zonas donde está emplazada la planta de RAM y las zonas pobladas aledañas, en la ciudad de Calama.

La línea base de meteorología permite caracterizar el comportamiento de las variables meteorológicas y su relación con el transporte, dispersión, y difusión de los contaminantes atmosféricos. Para esto se grafican las series de tiempo y ciclos estacionales de la velocidad y dirección del viento, y temperatura, así como las rosas de viento que permiten conocer las zonas hacia donde se dirige preferentemente el viento y, por tanto, es un indicador de los movimientos de masas de aire que transportarán las emisiones del proyecto.

Para la caracterización de la meteorología, se utilizaron datos de la estación meteorológica del Colegio Pedro Vergara Keller, que de entre aquellas estaciones comparativamente más cercanas a la planta RAM, es la única con data meteorológica completa y actualizada, y cuyas variables se identifican en la Tabla 1 y la imagen de la Ilustración 6.

Tabla 1 Localización y variables meteorológicas a medir.

SECTOR	ESTACIÓN	COORDENADAS (m) WGS84 – HUSO 19		VARIABLES MEDIDAS					PERIODO DE MEDICION (AÑO)
		ESTE	NORTE	V	D	T	HR	RS	
Calama	Estación Colegio Pedro Vergara Keller	506895	7518221	X	X	X	X		2013-2015

V: Velocidad del viento (m/s) – D: Dirección del viento (grds) – T: Temperatura ambiental (°C) – HR: Humedad Relativa (%) – RS: Radiación Solar (watt/m²)

Estación Colegio Pedro Vergara Keller



Información general	
Propietario	Codelco División Chuquibambilla
Operador	CIMM Tecnologías y Servicio S.A.
Región	de Antofagasta
Provincia	de Lina
Comuna	Cilima
Coordenadas UTM	50005 E 7310221 N
Fuso horario	-04
Recepción de datos	en línea
Inicio de operación reportado	2012-10-12

Ilustración 6 Imagen de información general de Estación Colegio Pedro Vergara Keller. Fuente: www.sinca.cl.

Tabla 2 Periodo de medición de variables, estación meteorológica Colegio Pedro V. Keller.

VARIABLES	AÑOS		
	2013	2014	2015
Velocidad de viento	01 Ene - 31 Dic	01 Ene - 31 Dic	01 Ene - 31 Dic
Dirección de Viento	01 Ene - 31 Dic	01 Ene - 31 Dic	01 Ene - 31 Dic
Temperatura	01 Ene - 31 Dic	01 Ene - 31 Dic	01 Ene - 31 Dic
Humedad Relativa	01 Ene - 31 Dic	01 Ene - 31 Dic	01 Ene - 31 Dic



Ilustración 7 Ubicación referencial de estación Meteorológica Colegio Pedro Vergara Keller. Fuente: Imagen Google Earth 02-2015.

2.5.1 Análisis de las Variables Meteorológicas.

En este ítem se describe el comportamiento de las variables meteorológicas para el transporte y dispersión de los contaminantes atmosféricos. Además del año base (2014), se incluyen los datos del año 2013 Y 2015 para efectos de estudiar la representatividad del año base.

La Tabla 3 muestra los estadígrafos descriptivos para cada variable medida en la estación Colegio Pedro Vergara Keller de Calama, para los años 2013, 2014 y 2015. De ella se observa que no hay grandes variaciones entre los tres años en las variables meteorológicas registradas. Asimismo, se constata el porcentaje de datos válidos para cada año, los cuales superan el 75% establecido en la guía.

Tabla 3 Comparación estadística de variables meteorológicas según año. Estación Colegio Pedro Vergara Keller.

Variables	Parámetro	Años		
		2013	2014	2015
Velocidad del Viento (m/s)	Promedio	4,2	4,1	4,0
	Mínimo	0,0	0,1	0,1
	Máximo	11,1	11,1	11,0
	Desviación Estándar	2,0	1,9	1,9
	% Datos validos	97,8	94,7	96,7
Dirección del Viento (DEG)	Promedio	157,4	164,8	159,6
	Mínimo	0,5	0,0	0,2
	Máximo	358,0	360,0	359,0
	Desviación Estándar	95,5	93,9	94,6
	% Datos validos	97,8	94,7	96,7
Temperatura (°C)	Promedio	14,8	14,7	15,2
	Mínimo	-2,6	-4,6	-2,6
	Máximo	27,5	27,2	28,2
	Desviación Estándar	6,5	6,6	6,5
	% Datos validos	97,8	94,6	96,2

Los siguientes gráficos permiten observar el comportamiento diario y mensual de las variables meteorológicas de los años 2013, 2014 y 2015.

En la Ilustración 8 se observa el ciclo diario de la velocidad del viento. En ella podemos observar un incremento de los vientos entre las 10 y las 15 horas para luego declinar hacia las 20 horas. Esta variabilidad se replica en los tres años analizados.

En la Ilustración 9 se grafica la distribución mensual de la velocidad de los vientos. En ella podemos apreciar los ciclos estacionarios, siendo levemente más fuerte los vientos de las estaciones primavera y verano que los vientos de otoño e invierno.

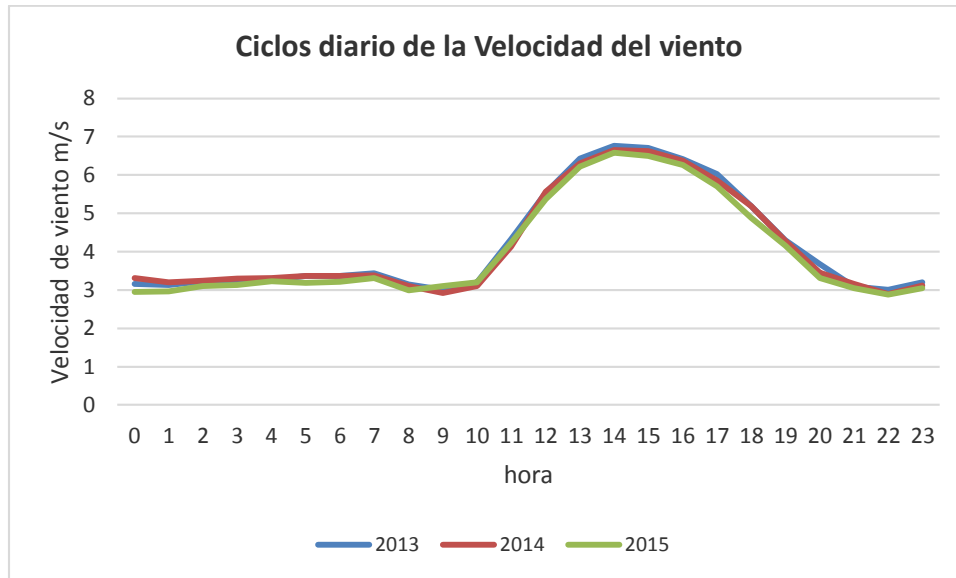


Ilustración 8 Ciclo diario de la velocidad del viento para los años 2013, 2014 y 2015.

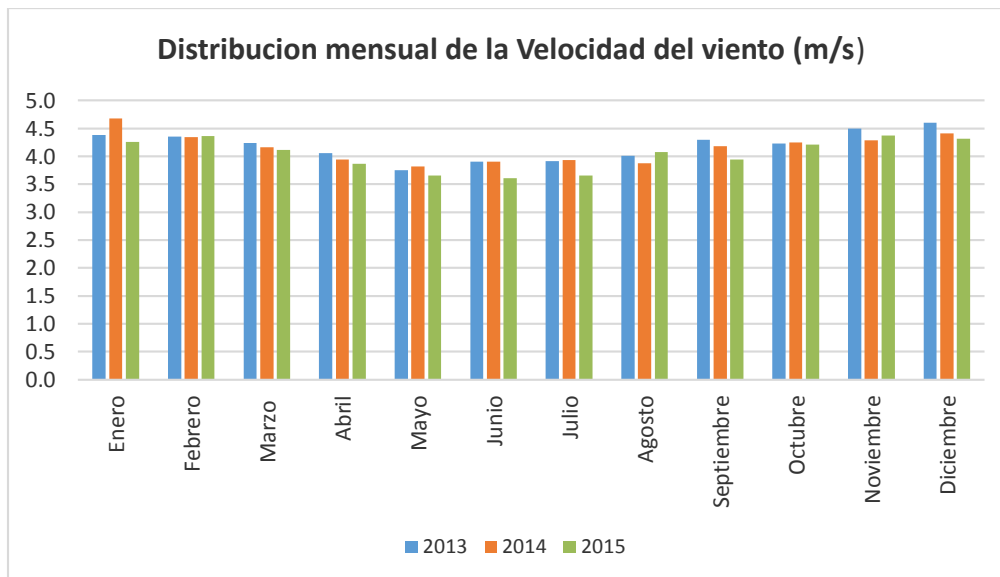


Ilustración 9 Comparación de la distribución mensual de la velocidad del viento.

Los gráficos de la Ilustración 10 y la Ilustración 11, muestran el comportamiento estacionario y diario de las temperaturas que se registran en la estación Colegio Pedro Vergara Keller.

La Ilustración 10 muestra un patrón de comportamiento en la temperatura similar para los tres años. Asimismo, describe el ciclo diario de temperatura, observando un incremento de la temperatura que inicia su ascenso a primeras horas de la mañana (de 06 a 10 horas), para luego presentar cierta estabilidad con disminución en su tasa de incremento hasta alcanzar un *peak*, a media tarde (entre las 14 y 15 horas), para disminuir finalmente hacia el anochecer. En los tres años se describe un comportamiento similar lo cual demuestra la representatividad de las mediciones.

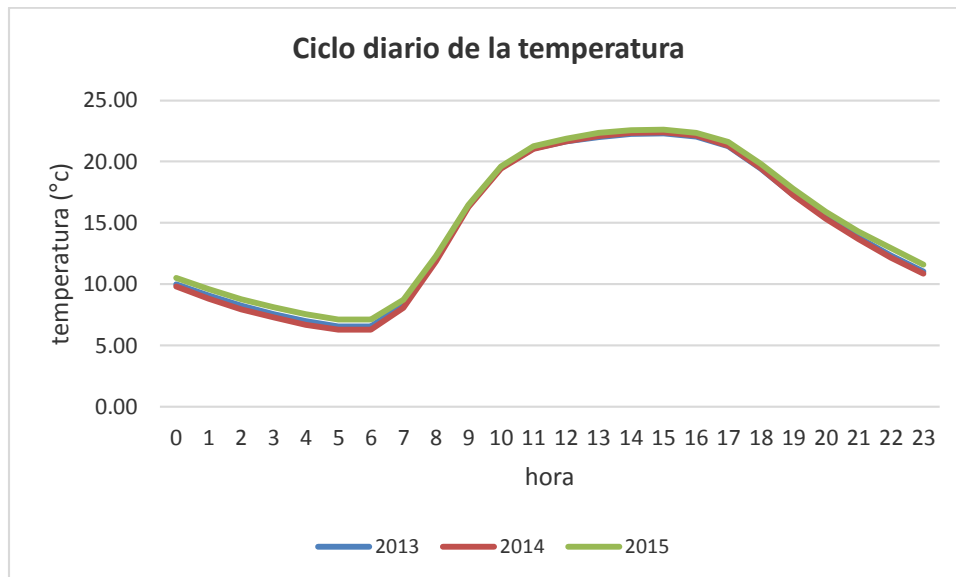


Ilustración 10 Ciclo diario de temperatura para los años 2013, 2014 y 2015.

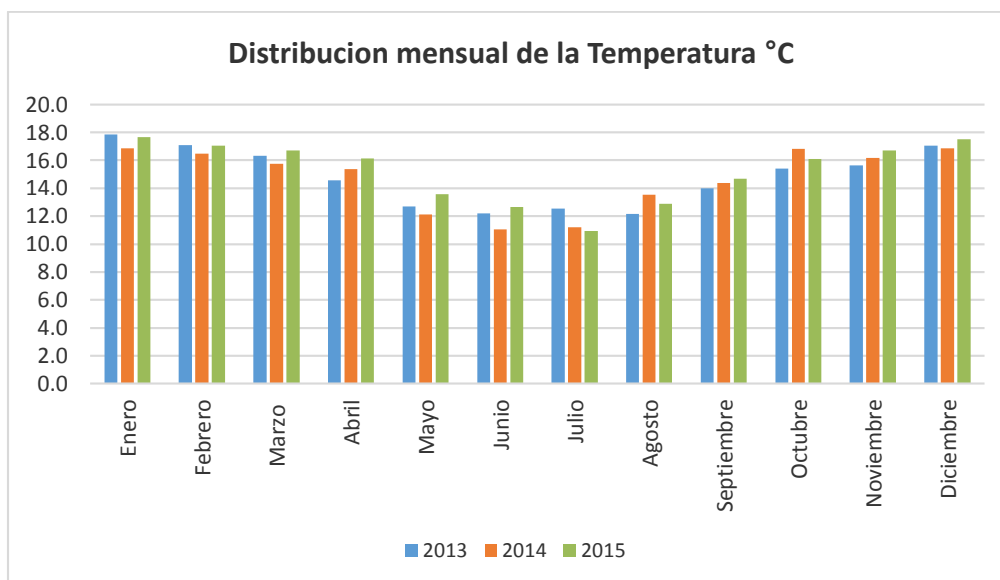


Ilustración 11 Comparación de la distribución mensual de la temperatura para los años 2013, 2014 y 2015.

En la Ilustración 11 observamos el ciclo estacionario de la temperatura para los tres años. Comparativamente presentan un patrón uniforme. A su vez, se observa que entre los meses de octubre y diciembre, se registran las temperaturas más altas, alcanzando su *peak* en el mes de Diciembre (17°C promedio mensual para todos los años). Luego, la temperatura comienza a disminuir alcanzando sus menores magnitudes en los meses junio – julio, con valores promedios máximos mensuales de 11,6°C.

En la Ilustración 12, Ilustración 13 e Ilustración 14, se muestra el comportamiento de las direcciones de origen de los vientos y sus velocidades para los años 2013, 2014 y 2015. Comparativamente se observa un patrón de comportamiento similar para los tres años, con los ciclos diarios bien definidos para una condición cordillera-valle.

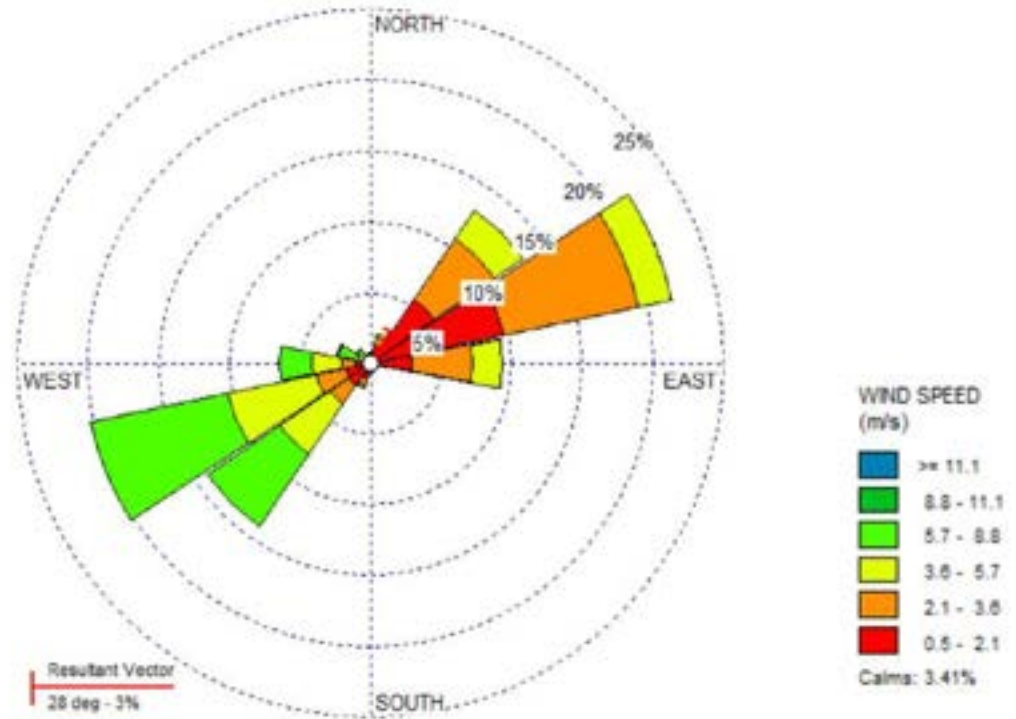


Ilustración 12 Rosa de vientos año 2013.

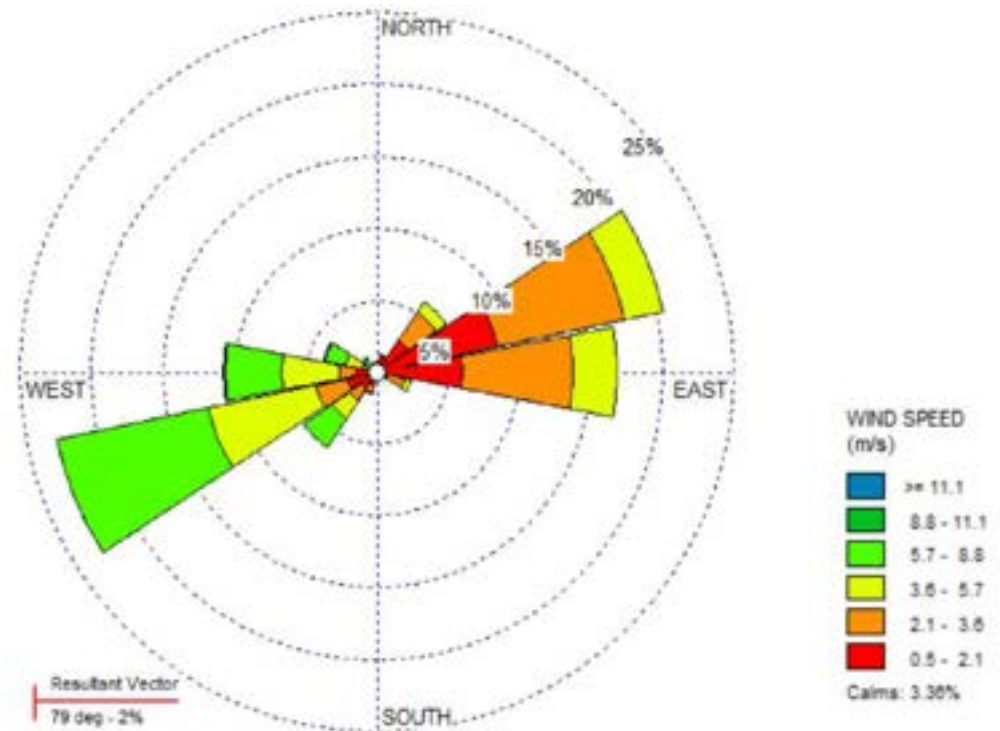


Ilustración 13 Rosa de vientos año 2014.

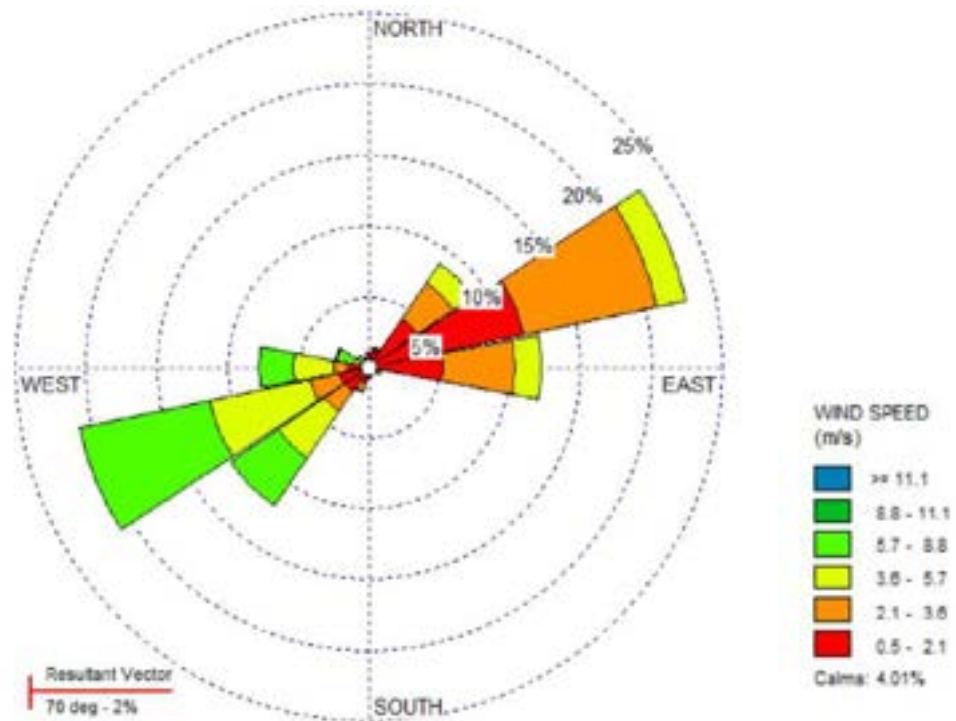


Ilustración 14 Rosa de vientos año 2015.

2.6 Meteorología año base 2014

A continuación se presenta una descripción detallada de las variables meteorológicas registradas en la estación Colegio Pedro Vergara Keller específicamente para el año base 2014, caracterizando sus ciclos diarios y estacionales.

El porcentaje final de información válida para el año 2014 alcanza un 94,7% para las variables, dirección y velocidad del viento. Asimismo, la información validada para la temperatura es del 94,6%.

2.6.1 Velocidad del Viento

La Ilustración 15 muestra el ciclo diario de variación de la velocidad del viento para el año 2014, indicando además el rango de variación del 90%. De ella podemos observar que los vientos nocturnos tienen un patrón caracterizado por una baja velocidad. Luego a partir de las 09:00 horas comienza un incremento que alcanza su máximo valor alrededor de las 15 horas, para finalmente iniciar su descenso hasta las 21 horas hacia el ciclo nocturno.

El rango de variación del 90% para el año 2014, sigue el mismo comportamiento que el promedio, con amplitudes mayores a las horas en que ocurren las máximas velocidades del viento.

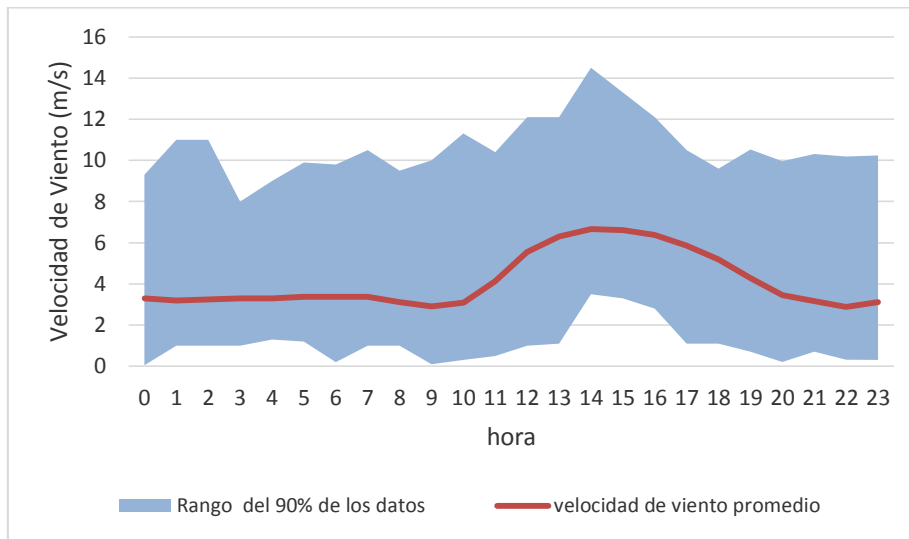


Ilustración 15 Perfil Horario de velocidad de viento para la estación Pedro Vergara Keller, año 2014.

La Ilustración 16 presenta la variación del ciclo diario a lo largo del año 2014. De ella se observa que existe una variación estacional en el perfil horario de la velocidad del viento. Es así como en los meses de mayo a agosto, se registran velocidades de viento de menor intensidad que en los meses de septiembre a febrero. Estas mayores intensidades se observan entre las 11 y las 20 horas, alcanzando magnitudes mayores entre las 15 y las 17 horas. En la Ilustración 17, para el escalamiento automático de colores, el rojo representa los percentiles mayores y el azul los percentiles menores.

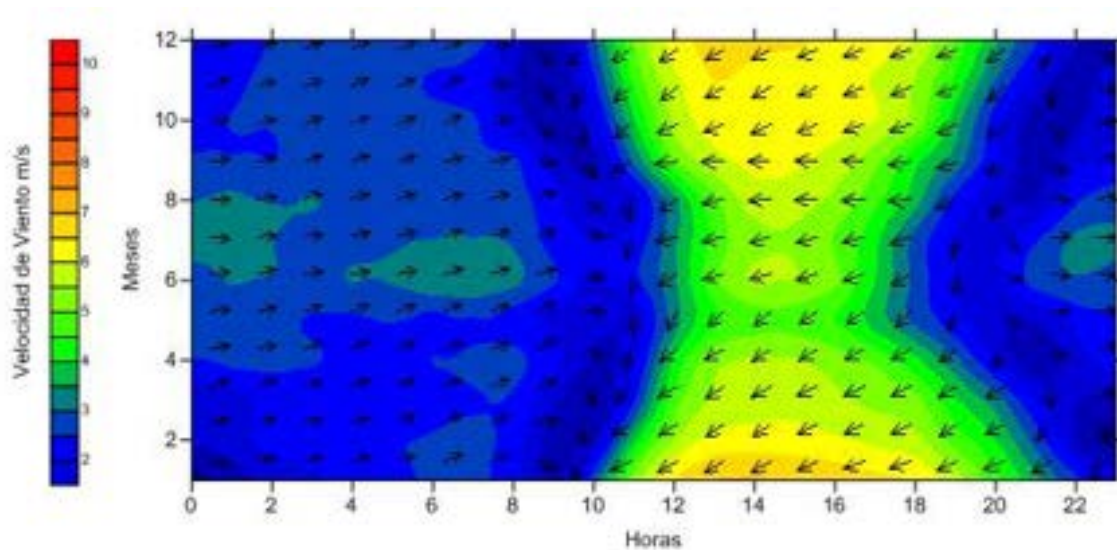


Ilustración 16 Perfil horario mensual de velocidad de viento para estación Pedro Vergara Keller, año 2014.

2.6.2 Dirección de viento

En la Ilustración 17, se grafica el ciclo diario de variación de la dirección del viento, para el año 2014. Los valores corresponden a la frecuencia (número de días del año 2014) que registra cada dirección del viento para cada hora del día. De ella se observa el periodo nocturno (entre las 23:00 y 10:00 hrs) con predominio de los vientos provenientes del Este (entre 100 y 80 grados). Por el contrario, entre las 11:00 y 21:00 horas prevalecen los vientos diurnos provenientes del Oeste (entre 240 y 280 grados).

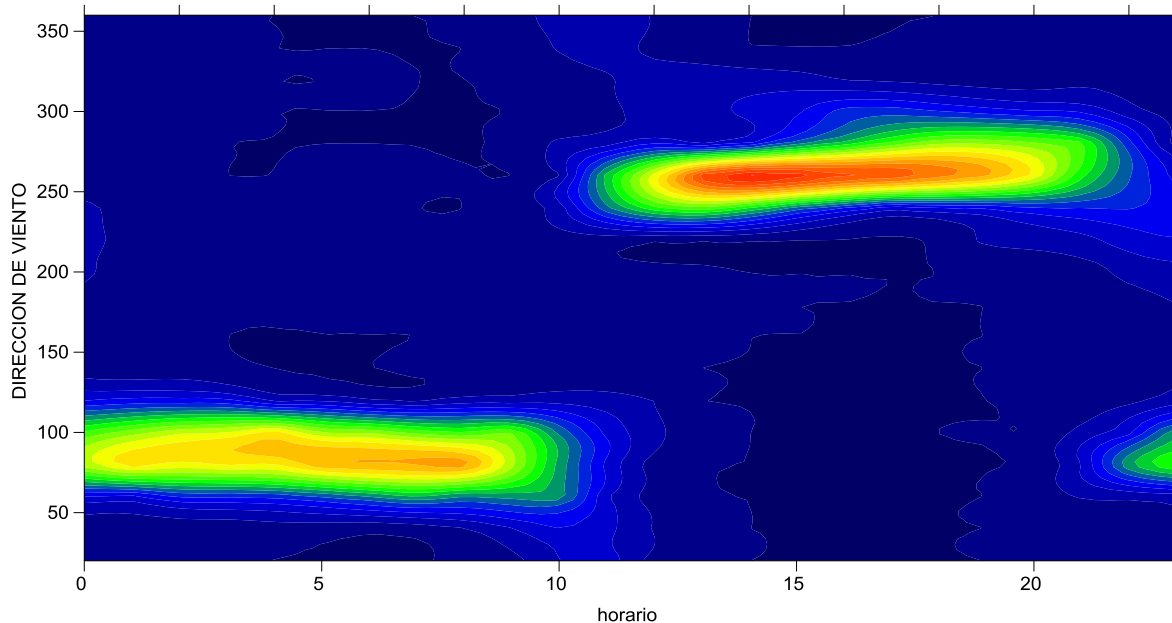


Ilustración 17 Ciclo diario de Dirección de Viento.

2.6.3 Temperatura

La Ilustración 18 describe el ciclo diario de la temperatura ambiental, para el año 2014, registrada en la estación Colegio Pedro Vergara Keller. En el gráfico se observan bajas temperaturas en horas de la noche, entre las 21 y 07 horas. Por otro lado, las mayores temperaturas son alcanzadas en el día, alrededor de las 13 horas.

El rango de variación (del 90%) en el año 2014, sigue el mismo comportamiento que el promedio, variando tanto el límite superior como inferior, en un rango promedio de 19°C aproximadamente (no existe simetría de los valores extremos).

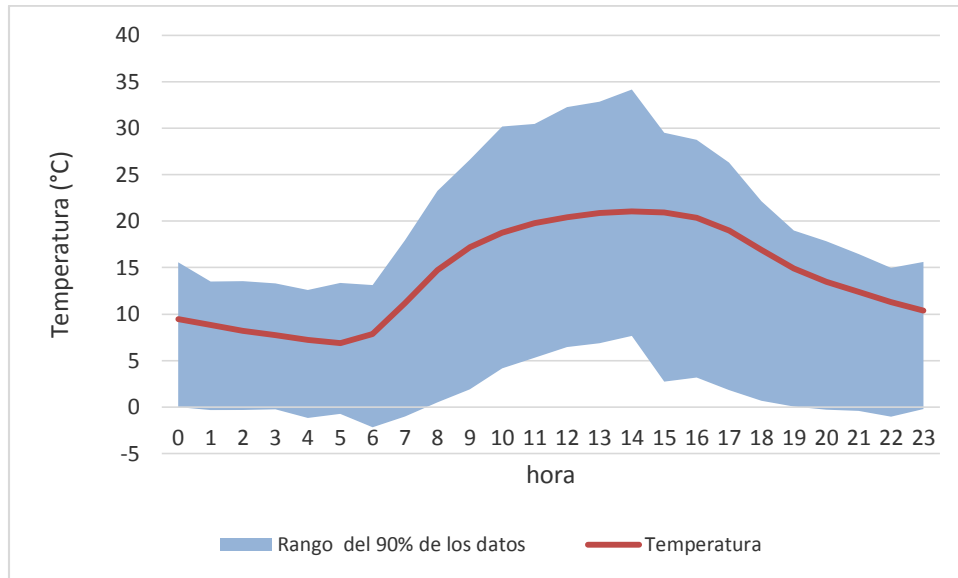


Ilustración 18 Perfil Horario de temperatura, estación Pedro Vergara Keller, año 2014.

La Ilustración 19 presenta el perfil mensual y horario de la temperatura. De ella podemos observar, que el período más frío ocurre en horas de la noche entre los meses de mayo y julio. Asimismo, las mayores temperaturas se registran en horas de la tarde entre las 12 y 17 horas, y en los meses de verano entre noviembre y enero.

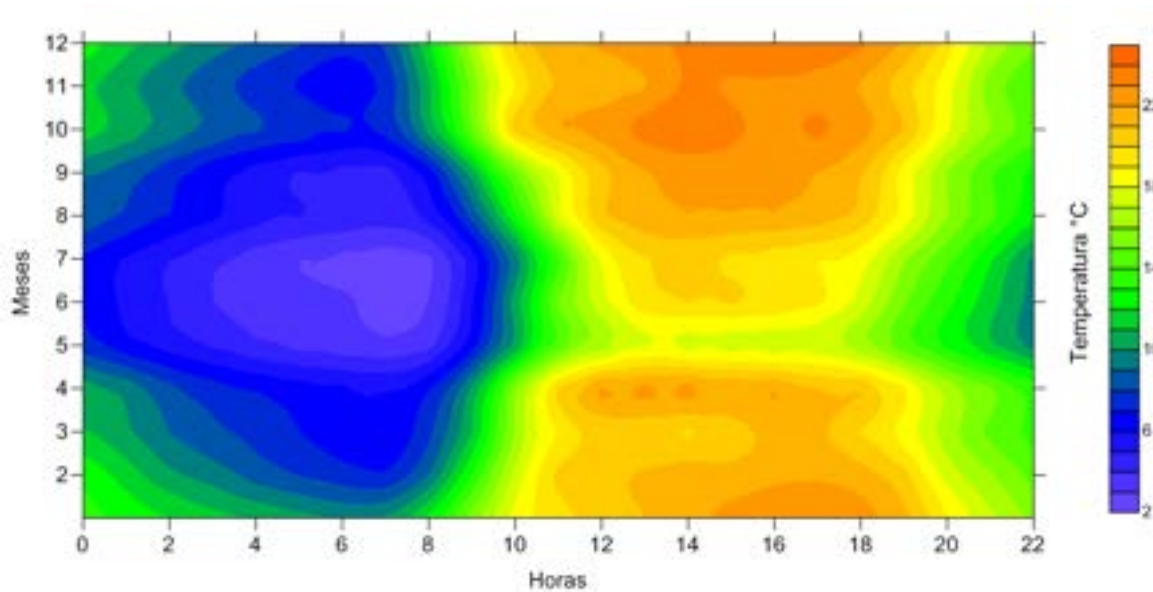


Ilustración 19 Perfil mensual-horario de la temperatura, estación Pedro Vergara Keller, Año 2014.

3 ANALISIS DE CALIDAD DEL AIRE

La línea base de calidad del aire identifica los niveles de concentración de material particulado respirable (MP10 y MP2.5), y los gases (SO₂, NO₂, y CO), antes de que se incorporen las actividades del proyecto, con el objeto de establecer en la evaluación de impacto ambiental, si existirán o no alteraciones en la calidad del aire, al construir y operar el proyecto.

Para caracterizar la calidad del aire en la ciudad de Calama, se procesaron los registros de las estaciones Centro de Calama y Colegio Pedro Vergara Keller. Asimismo, para la caracterización del estado de concentraciones de material particulado respirable (MP10 y MP2.5), se utilizaron los registros de las estaciones antes mencionadas, de los años 2013 al 2015, para tener una mayor representatividad de los datos. Para el análisis de los gases (SO₂, NO₂, y CO), se emplearon los registros de la estación del Centro de Calama.

La Tabla 4 muestra las coordenadas de ubicación y las variables de calidad del aire que miden las estaciones empleadas en la línea de base. Además se muestran los periodos a considerar para el análisis. A la fecha, no existen datos de Pb públicos y actualizados disponibles para el área de influencia del proyecto.

Tabla 4 Localización de estaciones de calidad del aire consideradas para línea de base.

COMUNA	ESTACIÓN	COORDENADAS (m) WGS84 – HUSO 19		VARIABLES MEDIDAS					PERIODO DE MEDICION (AÑO)
		ESTE	NORTE	MP10	MP2.5	SO ₂	NO ₂	CO	
Calama	Colegio Pedro Vergara Keller	506895,0	7518221	X	X				2013-2015
Calama	Estación Centro	507437,1	7516056	X	X	X	X	X	2013-2015

PM10	Material particulado fino respirable de diámetro aerodinámico de hasta 10 µm	µg/m ³
PM2.5	Material particulado fino respirable de diámetro aerodinámico de hasta 2.5 µm	µg/m ³
SO ₂	Dióxido de Azufre	ppb
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno	ppb
CO	Monóxido de Carbono	ppm

3.1 Material particulado fino respirable de diámetro aerodinámico de hasta 10 μm (PM10).

Para el análisis del comportamiento del PM10 se dispone de una data de 3 años (2013, 2014 y 2015), registrados en la estación Centro y la estación Colegio Pedro Vergara Keller.

Las Tabla 5 y Tabla 6 resumen la métrica para cada año de las estaciones antes mencionadas, respectivamente. La estación Colegio Pedro Vergara Keller, registra datos que sobrepasan la norma tanto diaria (D.S. 20/2013) como el promedio tri-anual (D.S. 45/2001) en los años 2013 y 2014. En tanto para el año 2015 registra una baja tanto en la norma diaria como en la media diaria anual.

Tabla 5 Resumen de la estación de calidad del aire Centro de Calama.

Años	2013	2014	2015	Norma
Percentil 98 PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80	70	60	150
Media aritmética ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	47	42	41	
Media aritmética tri-anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	43			50
Datos válidos	87%	78%	96%	75%

Tabla 6 Resumen de la estación de calidad del aire Colegio Pedro Vergara Keller.

Años	2013	2014	2015	Norma
Percentil 98 MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100	95	91	150
Media aritmética ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60	60	52	
Media aritmética tri-anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	57			50
Datos validos	93%	89%	87%	75%

La Ilustración 20 y la Ilustración 21 muestran las series de tiempo para los periodos enero 2013 a diciembre 2015, de las estaciones de calidad del aire Centro y Colegio Pedro V. Keller, respectivamente. Ambas estaciones muestran un comportamiento similar en cuanto a la concentración del material particulado. En el caso de la estación Centro de Calama, no se aprecian variaciones que sobrepasen la norma diaria de este contaminante. En el caso de la estación del Colegio Pedro Vergara Keller, en la serie de tiempo se observa un *peak* que sobrepasa la norma en agosto del 2013. Si bien, en ambas estaciones de monitoreo existe una tendencia a la baja de este contaminante. La media aritmética tri-anual sobrepasa la norma, dando cuenta de la calidad de aire del área y su estatus de zona saturada. Además sugiere que el sector donde la estación se encuentra emplazada, corresponde a una de las áreas más afectadas por la contaminación atmosférica en el núcleo urbano de Calama, y que podría estar sufriendo el aporte de diversas fuentes contaminantes que, en conjunto con condiciones nocturnas e invernales de vientos más débiles provenientes del Este, pueden favorecer la concentración del MP10 en dicho sector.

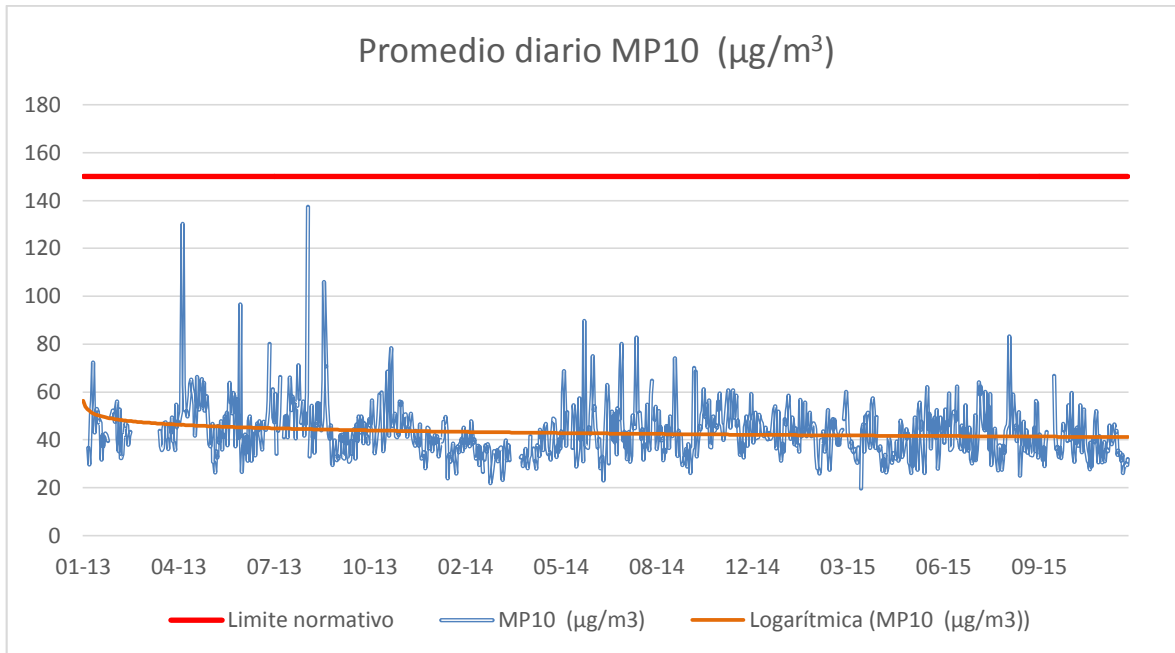


Ilustración 20 Serie de tiempo, promedio diario PM10, periodo 2013 - 2015, estación Centro de Calama.

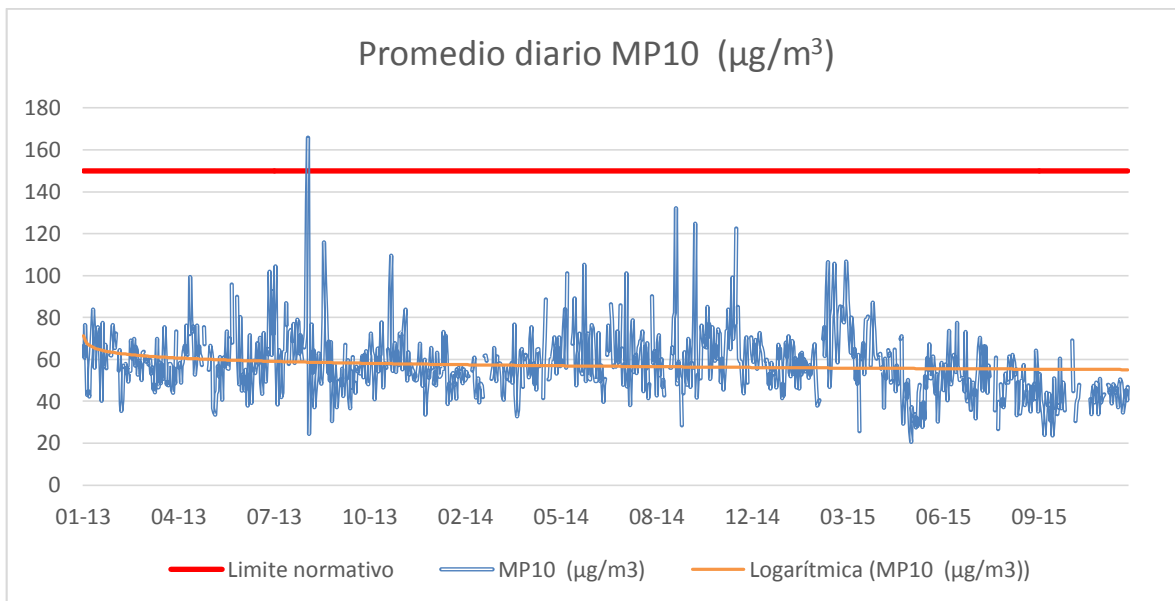


Ilustración 21 Serie de tiempo, promedio diario PM10, periodo 2013 - 2015, estación Colegio Pedro Vergara Keller.

3.2 Material particulado fino respirable de diámetro aerodinámico de hasta 2.5 μm (PM2.5)

Para el análisis del comportamiento del PM2.5 se dispone de una data de 3 años (2013, 2014 y 2015), registrados en la Estación Centro y estación Colegio Pedro Vergara Keller.

La Tabla 7 y Tabla 8 resumen la métrica para cada año de las estaciones antes mencionadas, respectivamente.

Tabla 7 Percentil 98 y media aritmética anual PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), estación Centro de Calama.

Años	2013	2014	2015	D.S. 12/2011
Media aritmética anual	14	12	12	20
Percentil 98	23	25	19	50
Datos válidos	87,16%	92,90%	95,89%	75

Tabla 8 Percentil 98 y media aritmética anual PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), estación Colegio Pedro Vergara Keller.

Años	2013	2014	2015	D.S. 12/2011
Media aritmética anual	14	15	14	20
Percentil 98	29	36	33	50
Datos válidos	86,34%	89,07%	100,00%	75

La Ilustración 22 e Ilustración 23 muestran las series de tiempo de las concentraciones diarias de PM2.5, para las estaciones Centro y Colegio Pedro Vergara Keller, respectivamente, por el período comprendido entre el 01-2013 y el 12-2015. En ellas se observa un comportamiento opuesto: mientras la estación del Centro muestra una leve tendencia a la baja de este contaminante, la estación del colegio muestra una tendencia al alza, incluso con 3 *peaks* que sobrepasan la norma diaria. No obstante, la Tabla 7 y Tabla 8 muestran que dicha tendencia al alza en ningún caso sobrepasa la norma.

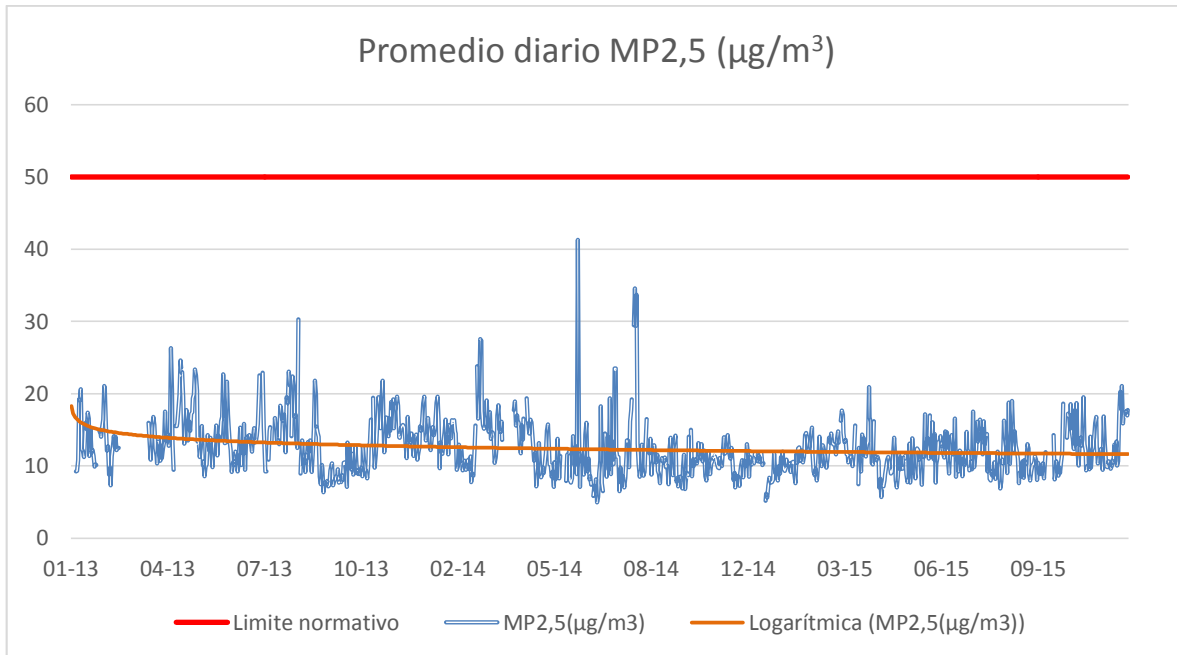


Ilustración 22 Serie de tiempo de concentraciones diarias de PM2.5, estación Centro de Calama.

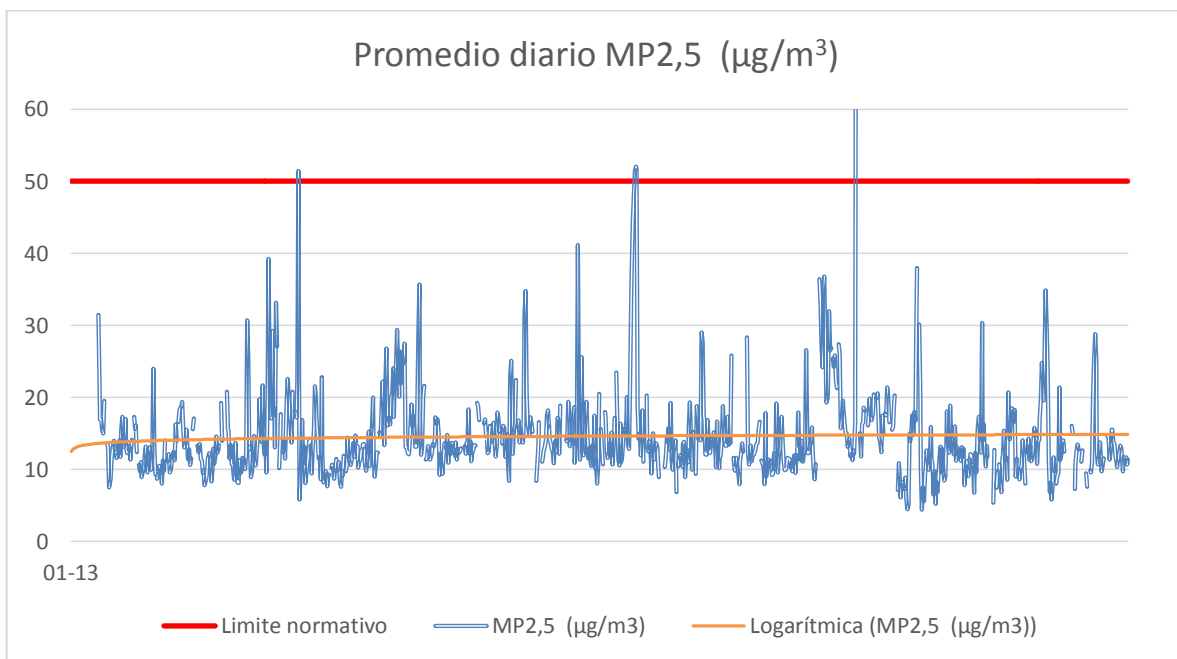


Ilustración 23 Serie de tiempo de concentraciones diarias de PM2.5, estación Colegio Pedro Vergara Keller.

3.3 Gases (CO, NO₂ y SO₂)

La concentración de gases en la ciudad de Calama se registra en la estación Centro, para un análisis de los últimos tres años (Tabla 9).

Tabla 9 Estadígrafo de gases, año 2013- 2015, estación Centro de Calama.

Dióxido de azufre (SO₂)				
Año	2013	2014	2015	D.S. 113/2002
Media aritmética anual (µg/m³)	6	3	4	80 µg/m ³
Percentil 99	26	16	12	250 µg/m ³
% de datos válidos	74%	95%	98%	75%
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)				
Año	2013	2014	2015	D.S. 114/2002
Media aritmética anual (µg/m³)	21	19	18	100 µg/m ³
Percentil 99	82	83	75	400 µg/m ³
% de datos validos	74%	92%	98%	75%
Monóxido de Carbono (CO)				
Año	2013	2014	2015	D.S. 115/2002
Media aritmética anual (µg/m³)	316	358	443	10.000 µg/m ³
Percentil 99	1.232	951	696	30.000 µg/m ³
% de datos Validos	90%	100%	100%	75%

3.4 SO₂ para Norma Secundaria D.S. 22/2010

Se registran las estaciones Chiu Chiu y Centro (Tabla 10) para fines de evaluación de la norma secundaria de SO₂. Cabe señalar que, si bien por Resolución Exenta N° 986/2011 del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), “Determinación de Estaciones de Monitoreo con Representatividad de Recursos Naturales Renovables (EMRRN)”, la estación Chiu Chiu es la válida para evaluación de norma secundaria, debido a su lejanía respecto de la cuenca del Loa y los recursos naturales allí albergados, se consideró también a la estación Centro, puesto que además cuenta con data completa actualizada de SO₂.

Tabla 10 Estadígrafo de SO₂, año 2013- 2015, para Norma Secundaria.

Año	Estación Centro			Estación Chiu Chiu			D.S. 22/2010
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	
Media aritmética anual (µg/m³)	6	3	4	3	4	3	80 µg/m ³
Percentil 99,7	38	18	21	89	76	75	365 µg/m ³
% de datos válidos	74%	95%	98%	98%	98%	98%	75%

3.5 Análisis de la modelación meteorológica WRF.

El modelo WRF (Weather Research and Forecasting - WRF) es un sistema de predicción numérico de mesoescala de última generación, diseñado para desarrollar pronósticos y estudios de la atmósfera. Este modelo es el resultado de un trabajo mancomunado entre varias instituciones norteamericanas como: National Center for Atmospheric Research (NCAR), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Centers for Environmental Prediction (NCEP), Forecast Systems Laboratory (FSL), Air Force Weather Agency (AFWA), Naval Research Laboratory, Universidad de Oklahoma, y Federal Aviation Administration (FAA).

La elaboración del archivo meteorológico fue encargado a la firma canadiense Lakes Environmental (www.weblakes.com) y posee una resolución espacial de 1 km, abarcando un área de 62 × 62 km. Los parámetros del modelo WRF utilizado se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11 Parámetros geoespaciales del modelo meteorológico WRF

Sistema coordinado del modelo WRF	
Proyección	LCC (Cónica Conforme de Lambert)
DATUM	WGS84 6370 Km Radius
Período de modelación	01-01-2014 00:00 al 31-12-2014 23:00
Origen Proyección	501028,99 m E
Origen Proyección (longitud)	7518469,86 m S
Paralelo Estándar (Latitud 1)	501024,28 m E
Paralelo Estándar (Latitud 2)	501031,37 m E
Capa vertical 1 (m)	0
Capa vertical 2 (m)	20
Capa vertical 3 (m)	40
Capa vertical 4 (m)	80
Capa vertical 5 (m)	160
Capa vertical 6 (m)	320
Capa vertical 7 (m)	640
Capa vertical 8 (m)	1200
Capa vertical 9 (m)	2000
Capa vertical 10 (m)	3000
Capa vertical 11 (m)	4000

Tal como se indica en la Guía, el fundamento para la modelación de la dispersión de los contaminantes atmosféricos es la meteorología. En este capítulo se describen las características más importantes de los datos meteorológicos simulados junto con una evaluación de desempeño del modelo WRF.

3.5.1 Dominio de la Modelación.

El dominio definido para la modelación comprende un área cuadrangular de 62×62 km² y cuyo centro corresponde a la chimenea de la planta RAM, emplazada en el sector nororiente de la ciudad de Calama (Ilustración 24). Las modelaciones se han realizado sobre una grilla de 3.844 puntos, con distancias entre ellos de 1 km, tal como lo indica la “Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA”, con el fin de determinar el aporte del proyecto en cada uno de estos puntos e identificar la ubicación y magnitud de las concentraciones en los puntos de máximo impacto para cada contaminante.



Ilustración 24 Dominio de la modelación. Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Evaluación de la modelación meteorológica.

Los resultados de la modelación meteorológica, fueron contrastados con los datos medidos en la estación Colegio Pedro Vergara Keller y la estación Hospital del Cobre, con el objeto de evaluar su desempeño, comprendiendo este como la similitud entre los valores observados y los valores modelados.

3.5.2.1 Velocidad de viento

En la Ilustración 25 se observa una comparación de la velocidad de dirección de viento registradas y modeladas de la estación Colegio Pedro Vergara Keller. En ella se observa que el modelo presenta

una sobreestimación no significativa en la velocidad del viento (ver capítulo de análisis de incertidumbre, donde se demuestra que los datos modelados son capaces de representar los datos observados).

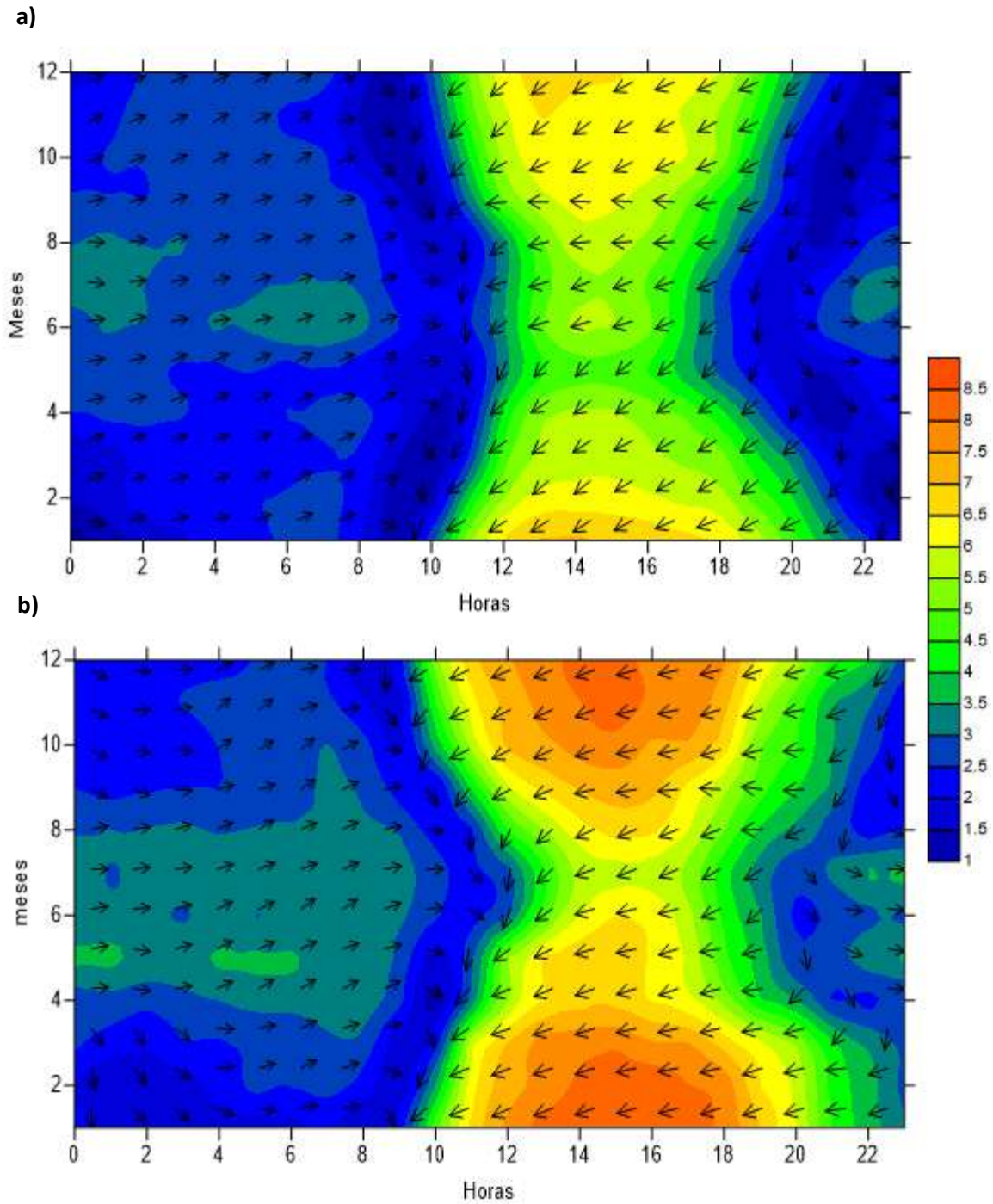


Ilustración 25 Perfil horario y mensual de las dirección y velocidad del viento a) observada y b) modelada por WRF, para el punto estación Colegio Pedro Vergara Keller, año 2014.

3.5.2.2 Dirección de viento

La Ilustración 26 muestra la comparación del ciclo diario de la dirección de viento observado (en la parte superior) y modelado (en la parte inferior). En ambos gráficos se muestra una gran similitud por lo cual podemos inferir la robustez del modelo en cuanto a esta variable.

Al mismo tiempo, en ambos gráficos se observa que para el período diurno comprendido entre las 10 y las 21 horas, los mayores percentiles de color rojo muestran que, entre las 12 y 19 horas los vientos provienen principalmente desde el Sur Oeste-Oeste. Por otro lado, durante el periodo nocturno (entre las 22 y 9 horas) los vientos provienen principalmente desde el Nor Este – Este, y ocurren entre las 0 y 7 horas.

Ángulo	340 360	1	1	0	0	0	0	0	1	8	12	18	9	3	0	0	0	0	1	1	3	7	2	1		
	320 340	2	2	1	0	0	0	0	3	11	15	7	5	0	0	0	1	1	1	6	10	3	3	2		
	300 320	1	0	1	0	0	1	0	0	1	7	9	14	16	15	9	8	6	5	3	9	6	2	2		
	280 300	1	0	1	0	0	0	0	0	7	7	16	14	25	28	45	46	40	35	30	29	13	6	0		
	260 280	1	1	0	0	0	0	0	0	1	13	15	30	17	29	55	73	93	109	109	102	94	43	5		
	240 260	4	1	0	0	1	1	2	1	0	8	74	124	186	204	197	194	181	166	153	128	82	51	26		
	220 240	6	1	1	2	2	2	0	0	4	14	58	88	98	80	55	39	22	29	30	39	40	41	35		
	200 220	5	0	2	5	1	1	2	1	4	5	5	1	1	1	0	0	0	1	13	13	16	26	30		
	180 200	4	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	0	0	0	0	0	4	6	2	15	16	12		
	160 180	5	0	1	0	1	1	0	3	1	2	3	4	1	1	0	0	0	0	2	3	6	10	8		
	140 160	2	2	0	0	0	0	0	1	0	2	3	3	1	0	0	0	0	0	1	0	3	6	7		
	120 140	3	6	2	0	0	0	2	1	0	7	3	4	0	0	0	0	0	0	2	4	4	4	4		
	100 120	33	33	32	16	18	10	7	14	14	16	14	10	0	0	0	0	0	0	1	4	7	15	29		
	80 100	105	118	120	137	109	109	96	89	102	57	27	13	3	0	0	0	0	1	0	14	25	69	92		
	60 80	138	126	133	129	149	150	152	158	113	66	27	5	1	0	0	0	0	0	1	19	69	93	115		
	40 60	25	41	40	42	50	59	70	58	63	67	20	6	1	0	0	0	0	0	5	11	12	13	28		
	20 40	4	5	3	6	5	2	4	9	19	30	23	9	3	0	0	0	0	0	5	4	9	5	3		
	0 20	2	1	1	0	0	0	0	1	6	11	15	3	2	0	0	0	0	0	1	1	2	4	2		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			Hora																							

Ángulo	340 360	4	3	5	5	2	5	3	1	3	4	5	3	3	0	0	1	0	0	1	4	1	2	5	4	
	320 340	5	7	4	4	1	4	1	3	3	5	2	5	0	1	1	1	2	1	1	4	7	9	1	4	
	300 320	6	3	5	3	4	1	1	4	2	5	3	7	4	5	5	7	7	6	6	20	10	9	5	6	
	280 300	1	1	6	2	1	2	2	0	1	7	10	8	12	18	17	22	26	27	32	36	33	34	35	16	
	260 280	3	9	4	2	2	1	0	1	3	6	18	20	31	45	67	101	126	119	113	95	109	104	73	32	
	240 260	17	4	6	12	8	4	1	4	2	37	107	190	222	229	224	205	171	181	162	145	108	79	51	44	
	220 240	22	23	17	10	7	6	3	4	9	19	35	40	46	46	42	28	28	26	40	42	25	24	19	24	
	200 220	32	15	16	10	6	3	2	3	4	12	13	13	11	4	4	2	1	2	5	9	3	3	4	12	
	180 200	19	13	6	5	2	1	5	1	3	6	10	5	4	2	0	1	1	0	3	1	7	7	7	8	
	160 180	5	7	3	1	3	0	0	1	4	4	8	8	5	1	2	0	0	0	2	5	1	5	12		
	140 160	7	8	3	2	8	1	0	2	1	6	5	4	2	3	1	0	1	0	0	6	3	6	13		
	120 140	9	6	5	6	4	3	6	0	4	11	9	2	3	2	0	0	0	0	1	4	5	3	10		
	100 120	16	14	23	20	5	8	7	8	6	12	16	10	4	2	0	0	0	1	0	1	2	7	13	16	
	80 100	60	68	76	83	44	40	49	57	61	62	43	11	5	0	0	0	0	0	2	10	14	35	39		
	60 80	84	100	88	72	86	93	97	112	128	99	48	18	7	3	1	0	1	0	0	9	16	36	59	82	
	40 60	56	57	68	76	97	130	127	111	88	39	20	11	2	2	0	0	0	1	0	2	14	21	27	34	
	20 40	14	23	19	43	71	57	55	47	32	21	7	6	2	1	0	1	0	1	1	1	4	5	11	7	
	0 20	5	4	11	9	16	6	6	6	11	10	6	4	2	1	1	0	1	0	1	0	1	2	6	2	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			Hora																							

Ilustración 26 Frecuencias de las direcciones de viento a nivel diario de la estación Colegio Pedro Vergara Keller (Observada en la parte superior, y modelada en WRF en la parte inferior), año 2014.

3.5.2.3 Temperatura

La Ilustración 27 compara el comportamiento de la temperatura promedio mensual y su rango, entre los datos observados y los modelados (gráfico superior e inferior, respectivamente). Asimismo, en el gráfico de la Ilustración 28 se presenta una comparación de los ciclos estacionarios observados y modelados. En ambos casos se observa un buen desempeño del modelo en la simulación de la temperatura.

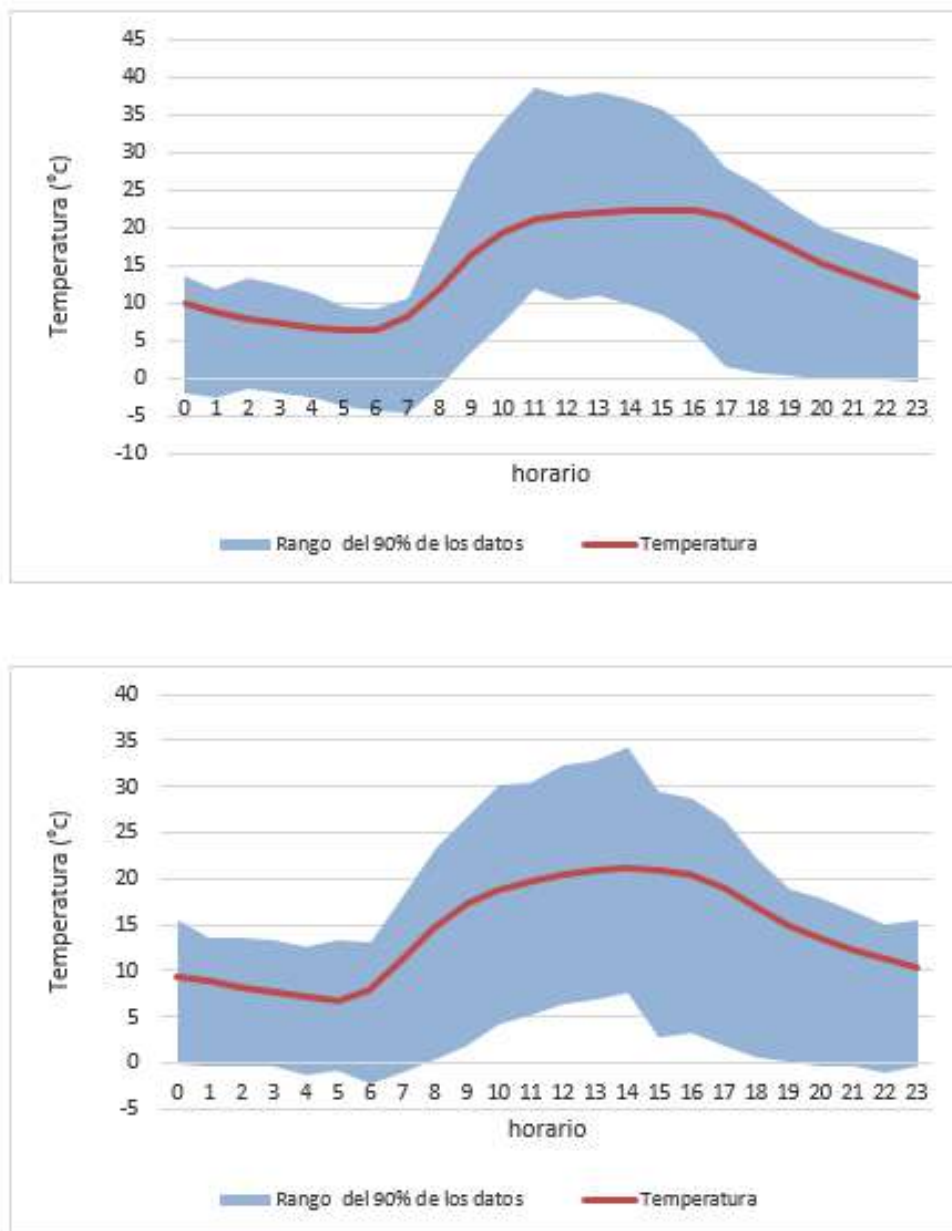


Ilustración 27 Ciclo diario de la temperatura (°C). Datos observados en el gráfico superior y datos modelados en el gráfico inferior.

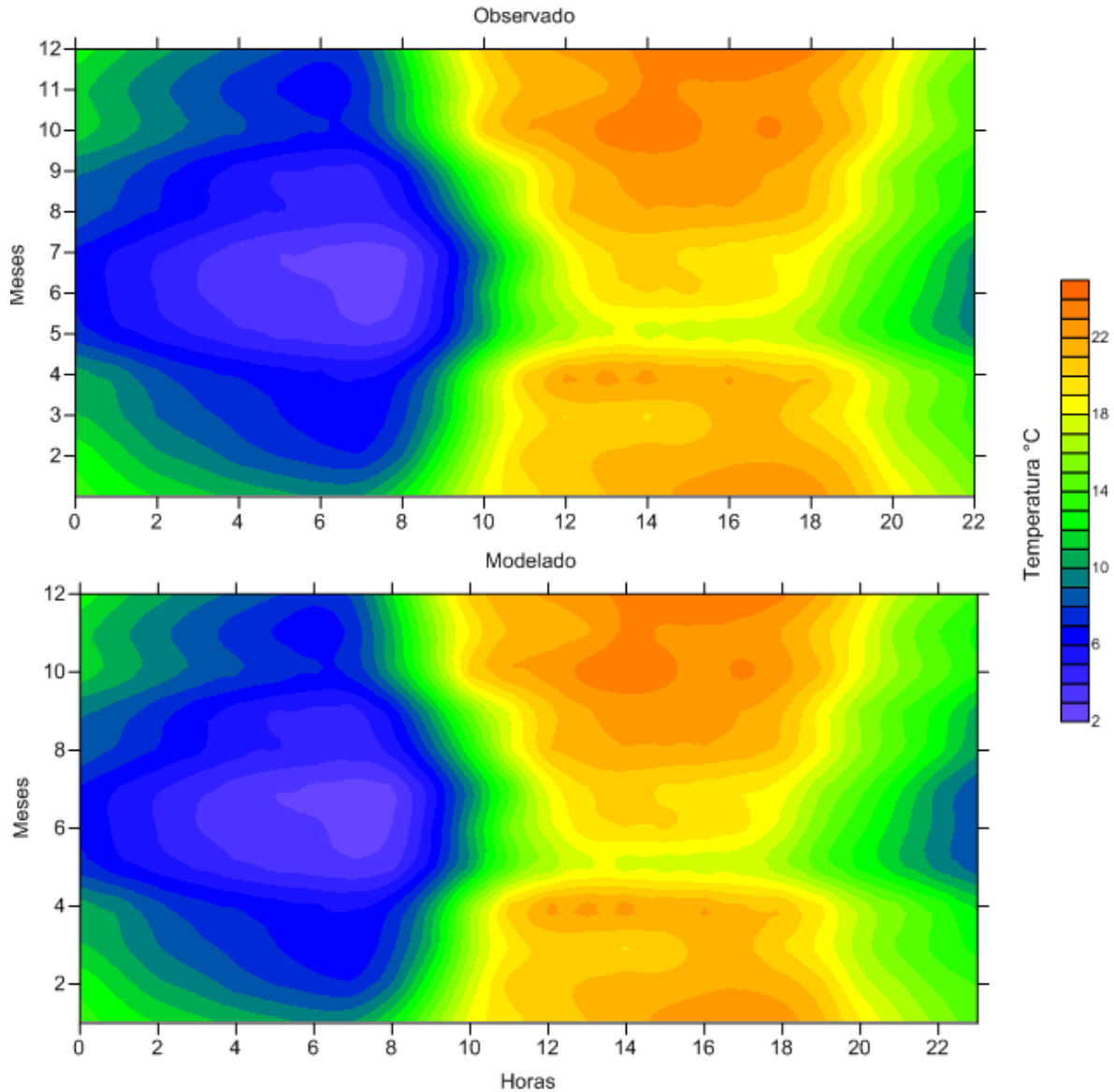


Ilustración 28 Ciclo diario y estacionario de la temperatura (Observado en el gráfico superior y modelado en inferior).

3.5.2.4 Variación de la Temperatura y la Velocidad del Viento con la Altura.

En las siguientes ilustraciones (Ilustración 29 a la Ilustración 34), se observa cómo varían los campos de viento y temperatura a medida que aumenta la altura en el modelo meteorológico. Para ambas variables se observan comportamientos disímiles, como es de esperar: para cada celda del área de modelación la temperatura disminuye a medida que la altura aumenta, mientras que para la velocidad del viento se observa el fenómeno opuesto.

También es posible observar que a medida que la altura aumenta, la magnitud de la temperatura y la velocidad del viento, así como su dirección, dejan de ser influidos por las características geográficas del terreno y los valores comienzan a uniformarse sobre el área en estudio.

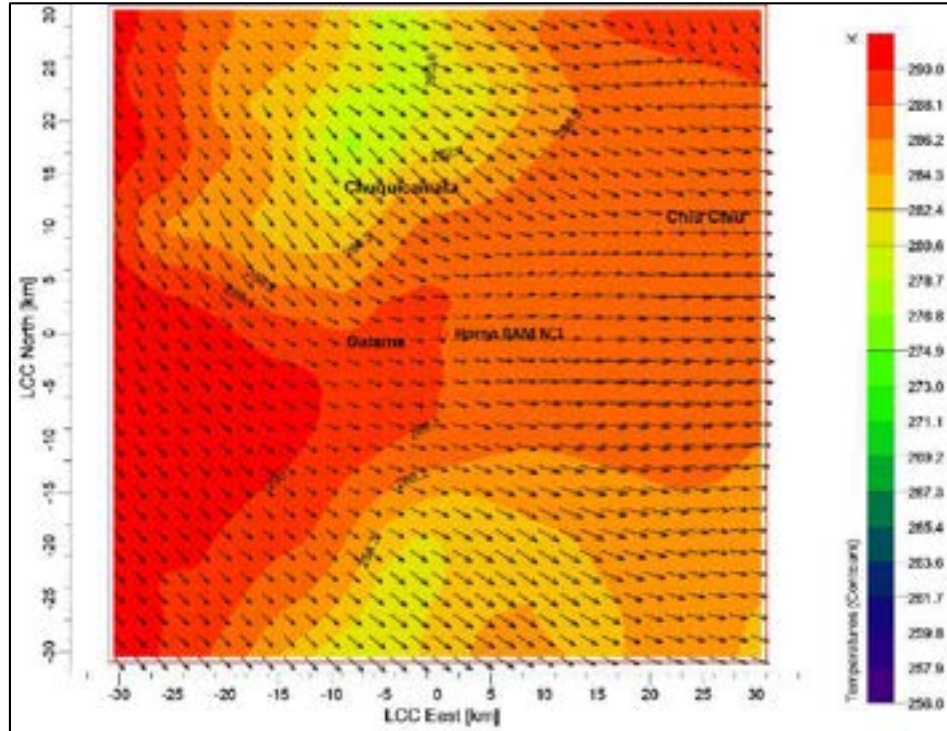


Ilustración 29 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 10 (m) sobre superficie.

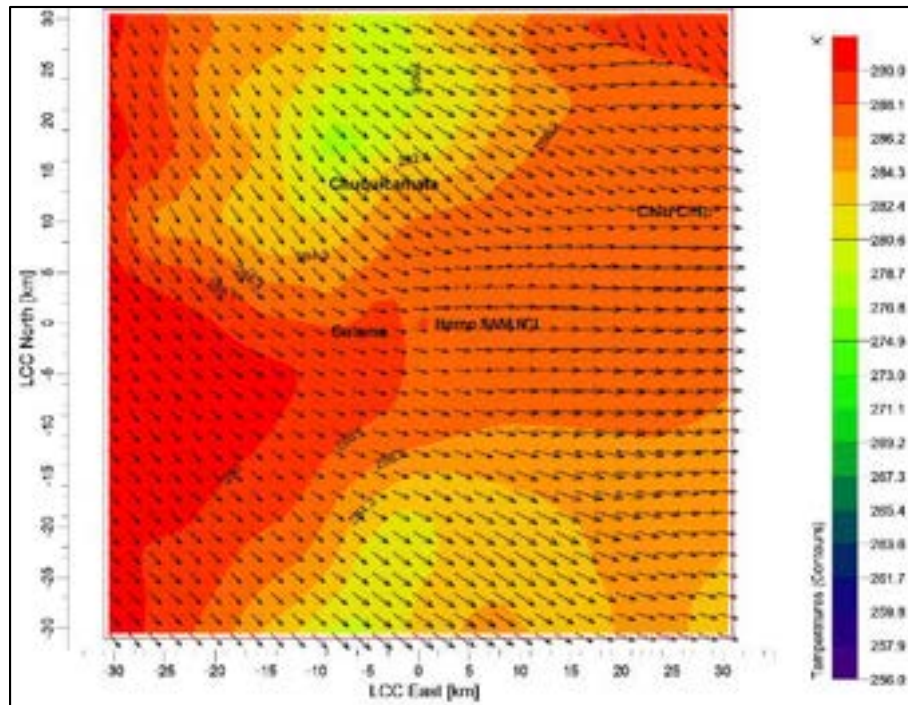


Ilustración 30 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 30 (m) sobre superficie.

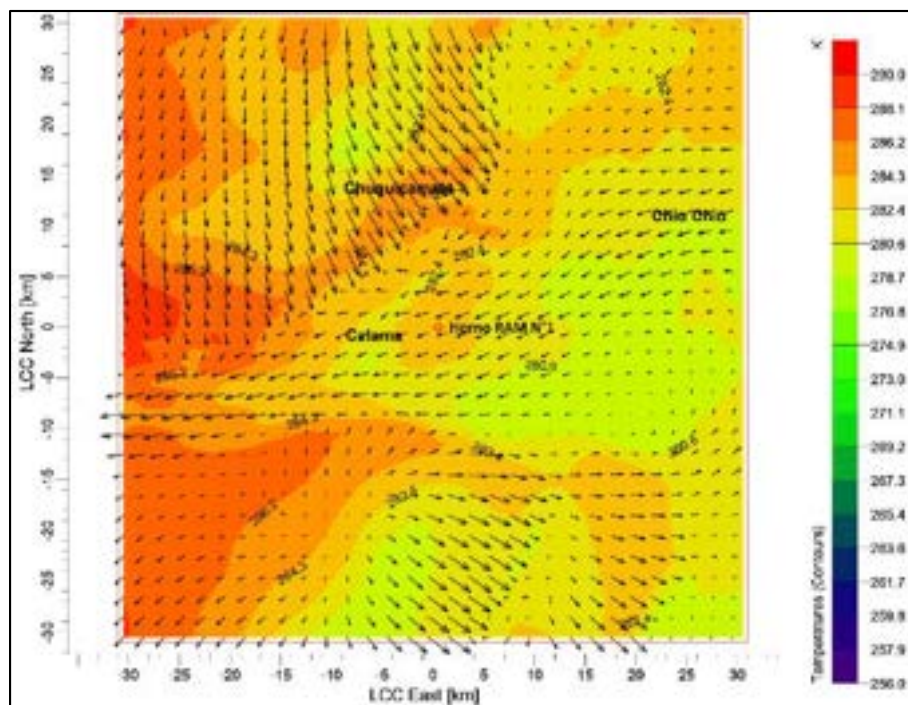


Ilustración 31 Campo de vientos y temperatura obtenida del modelo WRF: 60 (m) sobre superficie.

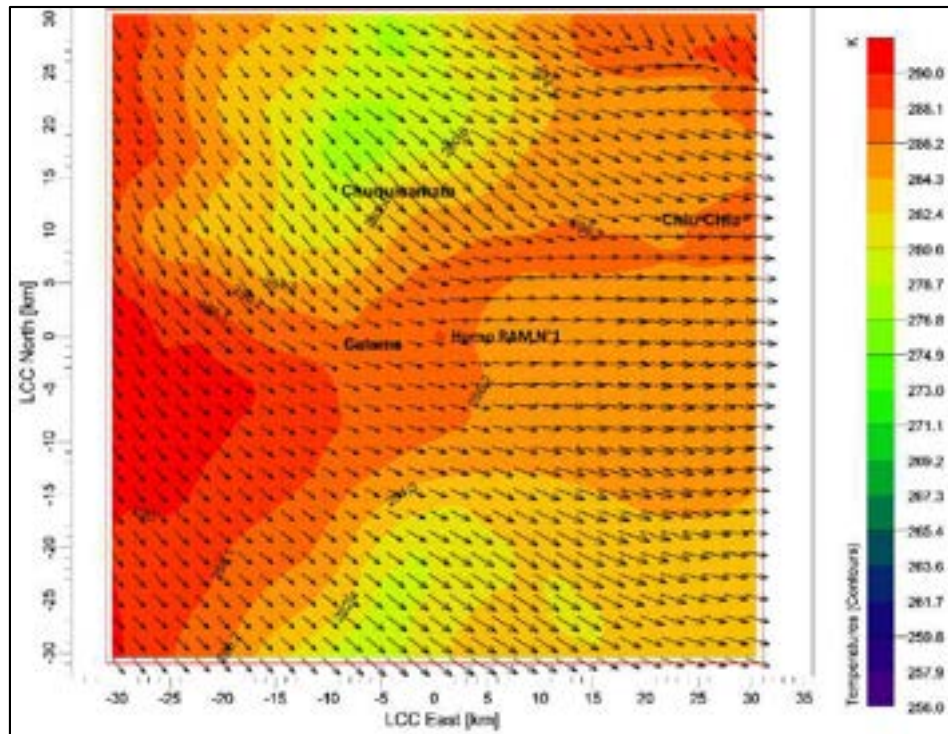


Ilustración 32 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 120 (m) sobre superficie.

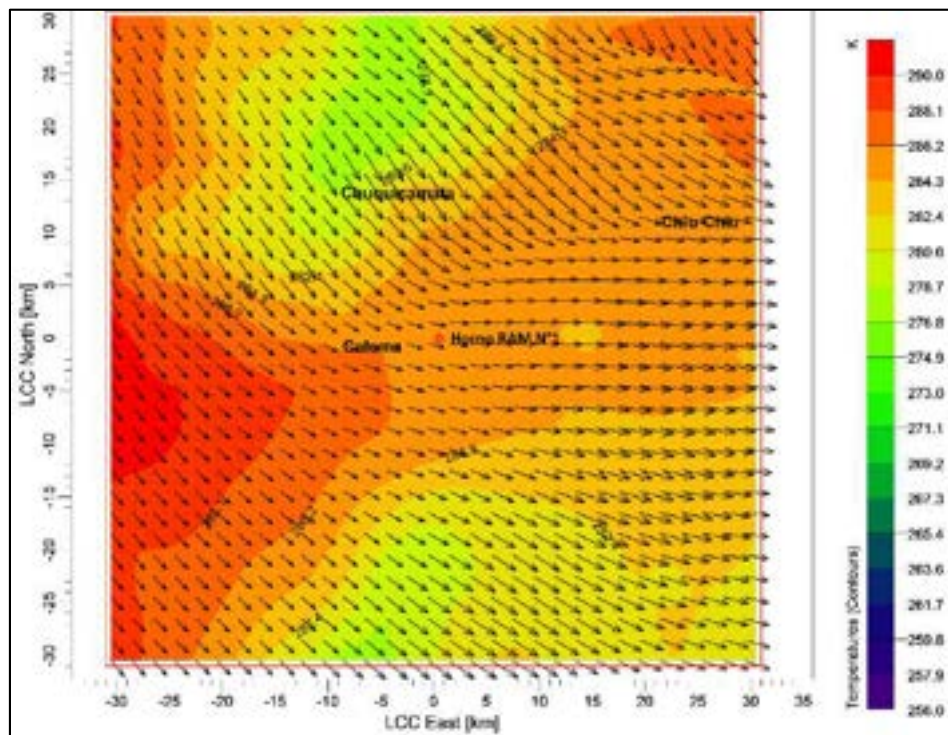


Ilustración 33 Campo de vientos y temperatura obtenida del modelo WRF: 240 (m) sobre superficie.

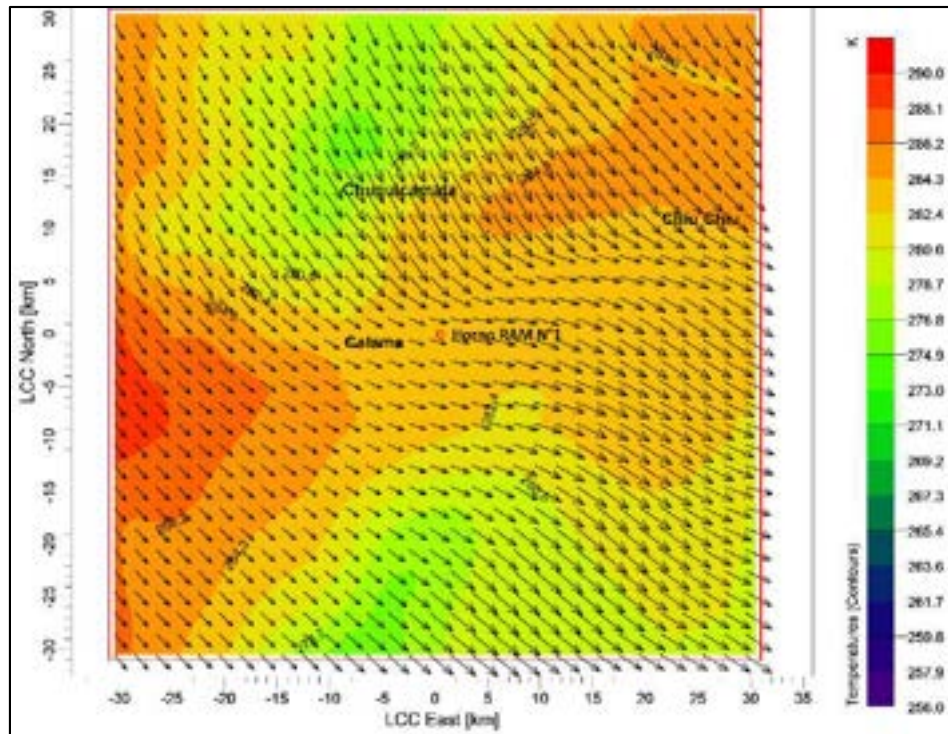


Ilustración 34 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 480 (m) sobre superficie.

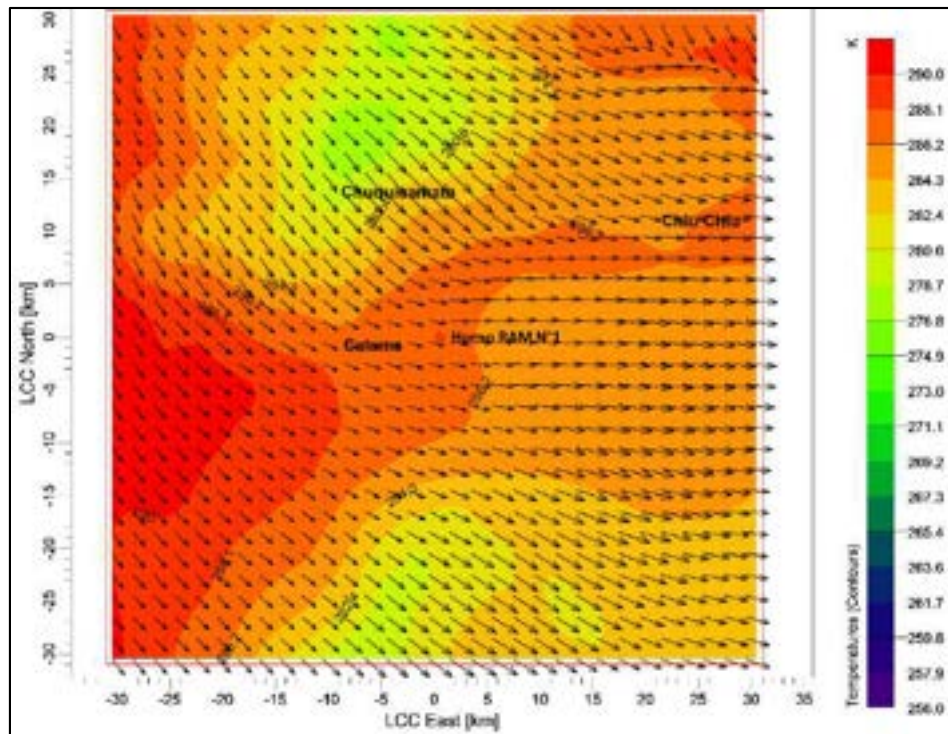


Ilustración 35 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 920 (m) sobre superficie.

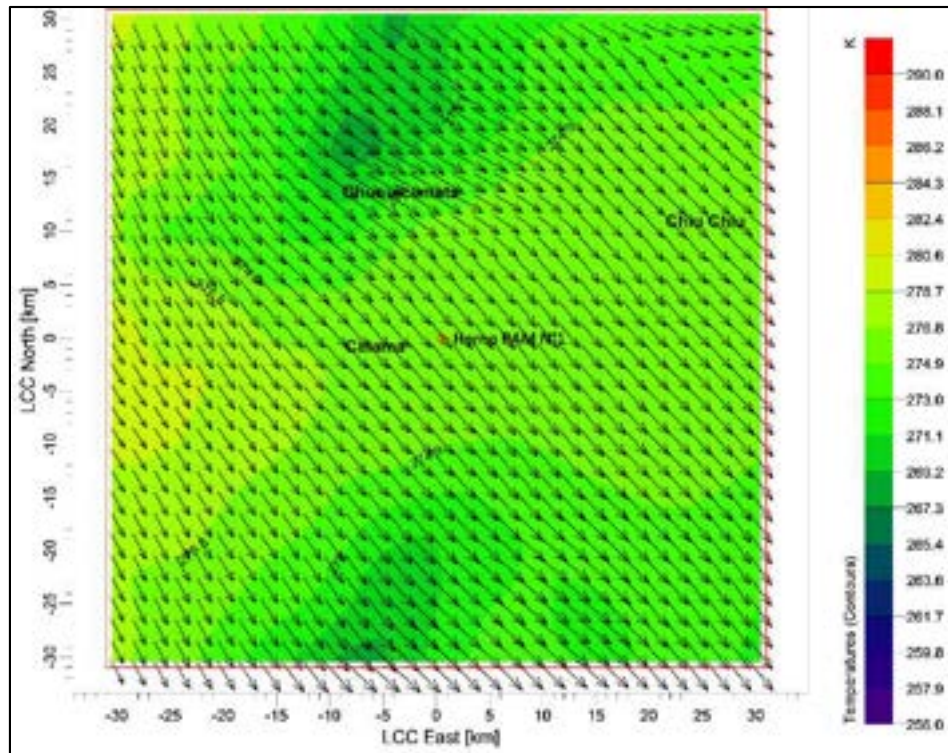


Ilustración 36 Campo de vientos y temperatura obtenido del modelo WRF: 1600 (m) sobre superficie.

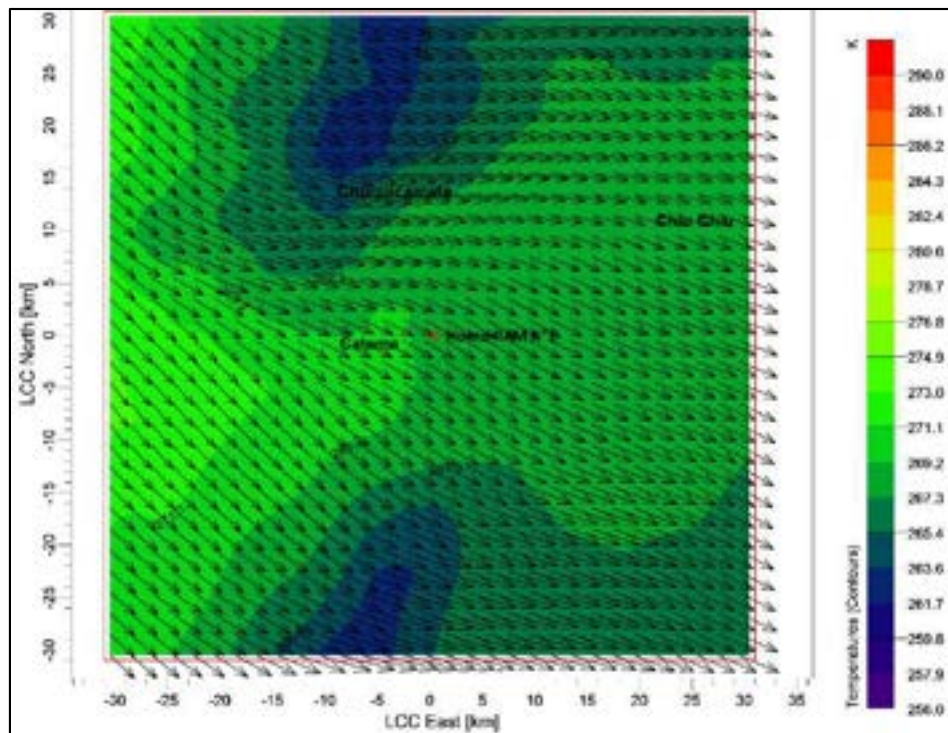


Ilustración 37 Campo de Vientos y Temperatura obtenida del modelo WRF. 2500 (m) sobre superficie

3.6 Análisis de incertidumbre de la modelación meteorológica

Los resultados de la modelación meteorológica se utilizan como *input* para la modelación del transporte y dispersión de contaminantes, por esta razón, interesa conocer la bondad de ajuste de la modelación meteorológica y el análisis de la incertidumbre asociado.

Para efectos de este proyecto, el receptor sensible desde el punto de vista de la calidad del aire se ubica en la localidad de Calama, específicamente en el Colegio Pedro Vergara Keller. Por tanto, se evalúa en esta localidad las implicancias de los resultados del modelo de calidad del aire, en cuanto a la incertidumbre de la modelación meteorológica.

3.6.1 Bondad de Ajuste de modelación Meteorológica

El ajuste de un modelo meteorológico se evalúa al comparar estadísticamente, los valores observados o medidos, con los valores modelados. Existen diversos estadígrafos de bondad de ajuste, sin embargo el IOA (Index of Agreement) es el más robusto, pues integra los errores cuadrático medio y los errores absolutos. El IOA se define de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Index of agreement (IOA)} = 1 - \frac{N * RMSE^2}{\sum^N |a_{mod} - \bar{a}_{mod}| + |a_{obs} - \bar{a}_{obs}|} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \sum^N (a_{mod} - a_{obs})^2\right)}$$

Donde:

IOA = Índice de Ajuste (adimensional)

N = Numero de Datos

a_{obs} = Valor Observado.

a_{mod} = Valor Modelado.

Las variables más sensibles para evaluar el desempeño de la modelación de calidad del aire, corresponden a la velocidad del viento y a la temperatura. La velocidad del viento se relaciona inversamente con las concentraciones, es decir, al aumentar la velocidad del viento se espera menor concentración en un receptor dado. Para la temperatura, el efecto es también inverso, dado que a mayor temperatura, se espera mayor desarrollo de la capa de mezcla, lo cual implica mayor volumen de dilución de los contaminantes y por tanto menor concentración de ellos en la calidad del aire.

Por lo anterior, se calcularon los IOA de la velocidad del viento y de la temperatura ambiental, al aplicar la ecuación (1) con los datos medidos y modelados en el colegio Pedro Vergara Keller. Los valores obtenidos corresponden a 0,79 y 0,99 para la velocidad del viento y temperatura, respectivamente. Una modelación meteorológica resulta confiable, si el IOA es mayor o igual a 0,60 para la velocidad del viento, y mayor o igual a 0,80 para la temperatura.

En consecuencia se concluye que la modelación meteorológica WRF presenta un buen ajuste en ambos dominios (sectores), sin embargo, se debe calcular la incertidumbre para incluirla en la estimación de emisiones.

3.6.2 Análisis de Incertidumbre

Considerando los resultados de la modelación meteorológica obtenida a través de WRF para la zona de estudio, y específicamente los valores modelados en el receptor sensible (en este caso Colegio Pedro Vergara Keller), se comparan estos últimos con los valores registrados por la estación. En base a lo anterior, se presenta un análisis de incertidumbre de manera que se explicita el potencial impacto de la modelación meteorológica sobre las concentraciones estimadas

3.6.2.1 Receptores.

Los receptores discretos o de interés definidos para la modelación se presentan en la Tabla 12. Los tres primeros corresponden a tres estaciones de monitoreo de calidad del aire que se emplazan en Calama (Ilustración 38). Los otros dos receptores son los centros urbanos que se emplazan dentro del dominio de modelación, vale decir Chiu Chiu y Chuquicamata.

Por otra parte, la grilla de receptores que permite evaluar el impacto del proyecto en la totalidad del dominio de modelación, consta de 3.844 puntos que cuentan con un espaciamiento de 1 kilómetro. La grilla de receptores se presenta en la Ilustración 39.

Tabla 12 Receptores discretos o de interés evaluados en la modelación (coordenadas UTM, WGS84 y HUSO 19).

Receptor	X (m)	Y (m)	Altura (msnm)
Estación Centro	507 371	7 516 056	2 266
Estación Colegio Pedro Vergara Keller	506 895	7 518 222	2 267
Estación Escuela Kamac Mayu	509 245	7 518 645	2 302
Chuquicamata	507 142	7 532 002	2 725
Chiu Chiu	536 030	7 529 169	2 531
Hospital del Cobre	509 427	7 517 292	2 299



Ilustración 38 Receptores discretos de la ciudad de Calama.

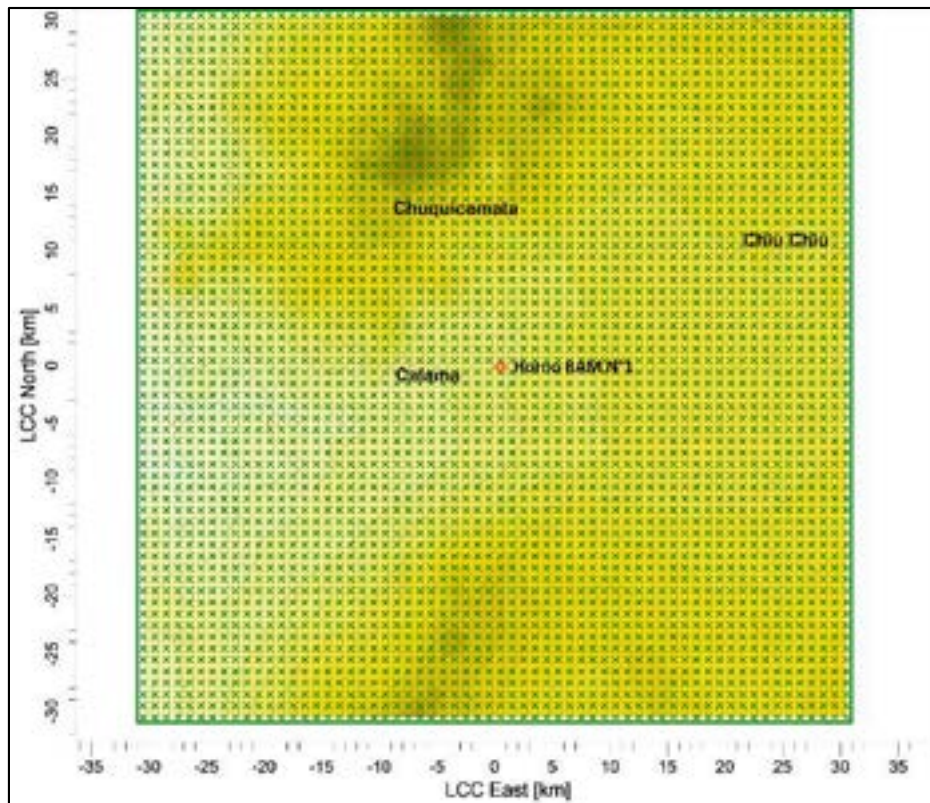


Ilustración 39 Grilla de receptores.

Es así como se calculó la incertidumbre de la modelación meteorológica al estimar los errores porcentuales de la velocidad del viento y la temperatura. La Tabla 13 muestra los estadígrafos para los datos observados y modelados en Calama.

Tabla 13 Estadígrafos meteorológicos observados y modelados del Colegio Pedro Vergara Keller.

VARIABLES	OBS/MOD	Media	Coefficiente de variación	Min	Max
Velocidad de viento	Observado	3,9	0,53	0,000	11,083
	Modelado	4,2	0,58	0,000	17,71
Temperatura	Observado	14,7	0,45	-4,647	27,22
	Modelado	14,8	0,36	-1,05	26,76

Error Porcentual absoluto de la Velocidad del Viento %	6,29
Error Porcentual absoluto de la Temperatura Ambiental %	0,92
Incertidumbre %	6,82

De la Tabla 13 se desprende que el error porcentual absoluto de la velocidad del viento es de 6,29%, y para la temperatura resultó ser de 0,92%, con un efecto conjunto resultante en una incertidumbre de 6,82% (6,29/0,92) para el dominio de modelación sector Calama.

Esta incertidumbre de 6,82% en Calama, se aplicó a las concentraciones estimadas por el modelo en cada sector, para incluir los errores de la modelación meteorológica según lo establece la Guía para el uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA.

La ecuación (2) muestra el ajuste por incertidumbre.

$$Con_{cf} = Con_{cm} + 0,068 \times Con_{cm} = 1,068 \times Con_{cm} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

Con_{cf} = Concentración modelada ajustada por incertidumbre meteorológica

Con_{cm} = Concentración modelada

4 INFORMACIÓN INGRESADA AL MODELO

A continuación se describe la información ingresada al modelo y que es requerida para determinar la calidad del aire producto de la operación del horno principal de la planta RAM.

4.1.1 Fuentes y Emisiones

Las fuentes a modelar corresponden a la chimenea del horno principal de la Planta RAM existente y la chimenea proyectada bajo las mismas dimensiones y especificaciones de la primera. Las características físicas y operacionales de dichas fuentes se presentan en la Tabla 14. En tanto, en la Ilustración 40 se muestra la representación de las fuentes ingresadas al modelo sobre Google Earth. Los contaminantes a modelar son PM10, SO₂ y Pb, cuyas tasas de emisión fueron determinadas en base a campañas de mediciones isocinético provistas por RAM y resumidas en emisiones al año, consideran 24 horas de producción continua como nivel de actividad (Tabla 15). Cabe señalar que el combustible usado fue petróleo diésel N°2, considerado como el peor combustible posible para el funcionamiento de la planta. A su vez mencionar que el CO no fue ingresado al modelo puesto que las mediciones isocinéticas reportaron valores iguales 0 ton/año, en tanto que el CO₂ como especie no está disponible en las librerías específicas contenidas en el modelo CALPUFF no siendo en consecuencia posible de modelar. Finalmente, el NO₂ no fue medido en los muestreos isocinéticos realizados por RAM, por tanto no existía la información básica necesaria para su modelación.

Tabla 14 Características físicas y operacionales Chimenea del Horno N°1 RAM.

Fuentes Puntuales		
	HORNO RAM EXISTENTE	HORNO RAM EN EVALUACION
X (m)	510802,0	510851,0
Y (m)	7518428,0	7518432,0
Altura de chimenea (m) [Stack Height]	10,2	10,2
Diámetro (m) [Stack Diameter]	0,9	0,9
Velocidad Salida (m/s) [Exit Velocity]	14,4	14,4
Temperatura Salida (°K) [Exit Temperature]	298,4	298,4

Fuente: Informes isocinéticos de RAM.

Tabla 15 Resumen de las emisiones de contaminantes atmosféricas modeladas.

Fuentes Puntuales			
	HORNO RAM EXISTENTE	HORNO RAM EN EVALUACION	Observación
Emisión SO ₂ (ton/año)	110,4	110,4	
Emisión NO (ton/año)	-	-	No Medida
Emisión NO ₂ (ton/año)	-	-	No Medida
Emisión CO(ton/año)	0,0	0,0	Valores reportados por medición isocinética
Emisión CO ₂ (ton/año)	1.130,7	1.130,7	
Emisión PM10 (ton/año)	4,7	4,7	
Emisión PM2.5 (ton/año)	-	-	No Medida
Emisión Pb (ton/año)	0,4	0,4	

Fuente: elaboración propia.



Ilustración 40 Representación de las fuentes fijas modeladas (existente y proyectada) de la planta RAM.

5 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los obtenidos de la modelación y debidamente compensado según lo indicado en el ítem 3.6.2.1, tanto para los receptores discretos como para los puntos de máximo impacto, producto de las emisiones de ambas chimeneas en conjunto. En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos para PM10 y en segundo lugar, para el SO₂.

Cabe señalar que los valores de calidad de aire para Línea de Base empleados, incorporan el efecto de las emisiones de los proyectos emplazados en el área de influencia del Proyecto “Complemento Módulo RAM”, recientemente aprobados y que aún no son registrados en las estaciones de monitoreo, y que cuentan con información para las mismas estaciones con las que la línea de base fue construida; a saber:

- “Sistema de almacenamiento y distribución de petróleo diésel para estación de combustibles Mina RT”
(http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2130884699)
- “Aumento de Eficiencia Plantas de Ácido Sulfúrico N° 3 y 4 a Doble Contacto - Doble Absorción”
(http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2130758230).
- “Optimización Infraestructura del Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea”
(http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2131097176).
- “Disposición de Residuos Domiciliarios y Asimilables, Sector Montecristo”
(http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2130374694).
- “Lixiviación de Ripios y Recursos Artificiales”
(http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2131304369).
- Plan Maestro de Fundición: Etapa II y III
(http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2130871647).

Los valores de concentración de especies de la Línea de Base modificados por los proyectos anteriormente señalados, se muestran en la Tablas 16 y 17. Cabe señalar que no todas las especies consideradas en la modelación, fueron también evaluadas en los proyectos listados precedentemente. Cabe señalar que algunas de las concentraciones en los puntos receptores analizados disminuyen, puesto que los proyectos “Sistema de almacenamiento y distribución de petróleo diésel para estación de combustibles Mina RT” y “Lixiviación de Ripios y Recursos Artificiales” contemplaron reducciones en sus emisiones respecto de los proyectos originales.

Tabla 16 Proyectos sumados a la línea de base construida a partir del receptor Estación Centro.

Receptor	Proyecto	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		SO2 1ario ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		SO2 2ario ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	
		Anual	P98 diario	Anual	P98 diario	Anual	P99 diario	Anual	P99,7 diario
Estación Centro	Sistema de almacenamiento y distribución de petróleo diesel para estación de combustibles Mina RT	-0,0354	-0,1008	-0,0028	-0,0081	---	---	---	---
	Aumento de Eficiencia Plantas de Ácido Sulfúrico N° 3 y 4 a Doble Contacto - Doble Absorción	0	0	---	---	-7,9604284	-37,164087	---	---
	Optimización Infraestructura del Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea	0,0138	0,0636	0,0008	0,0035	0	0	0,0001	0,0003
	Disposición de Residuos Domiciliarios y Asimilables, Sector Montecristo	0,0028	0,0135	0,0005	0,0023	---	---	---	---
	Lixiviación de Ripios y Recursos Artificiales	-0,2366	-1,0606	0,0052	-0,0145	---	---	---	---
	Plan Maestro de Fundición: Etapa II y III	0	0	---	---	---	---	---	---
	Línea de Base + Proyectos	43,0746	68,9157	12,6737	22,3132	0	0	4,3301	26,0003

Tabla 17 Proyectos sumados a la línea de base construida a partir del receptor Colegio Pedro Vergara Keller.

Receptor	Proyecto	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		SO2 1ario ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		SO2 2ario ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	
		Anual	P98 diario	Anual	P98 diario	Anual	P99 diario	Anual	P99,7 diario
Colegio Pedro V. Keller	Sistema de almacenamiento y distribución de petróleo diesel para estación de combustibles Mina RT	-0,0644	-0,1972	-0,0052	-0,0159	---	---	---	---
	Aumento de Eficiencia Plantas de Ácido Sulfúrico N° 3 y 4 a Doble Contacto - Doble Absorción	0	0	---	---	-20,444861	-80,95596	---	---
	Optimización Infraestructura del Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea	0,0324	0,1975	0,0018	0,0107	0	0,0002	---	0,0007
	Disposición de Residuos Domiciliarios y Asimilables, Sector Montecristo	0,0056	0,0253	0,0011	0,0043	---	---	---	---
	Lixiviación de Ripios y Recursos Artificiales	-0,5631	-2,0056	0,0273	-0,0082	---	---	---	---
	Plan Maestro de Fundición: Etapa II y III	0	0	---	---	---	---	---	---
	Línea de Base + Proyectos	56,7405	93,35	14,355	32,6609	0	0	---	0,0007

5.1 Material Particulado Respirable (PM10).

5.1.1 Concentración 24 horas

En la Tabla 18 se presenta el aporte de las emisiones a la concentración diaria de PM10 en los receptores discretos. En tanto, desde la Ilustración 41 a la Ilustración 46, se presentan las series de tiempo de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los receptores. Tal como se puede observar, el aporte de PM10 que genera la operación de ambas chimeneas en todos los receptores es marginal con respecto a la norma (D.S. 20/2013).

Tabla 18 Concentración PM10, 24 horas, Percentil 98.

Receptor	Aporte del proyecto ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Norma	% Norma	LDB con proyectos + Proyecto RAM ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Estación Centro	0,009	0,01	150	0,0	68,9257
Estación Colegio Pedro Vergara Keller	0,032	0,03	150	0,0	93,38
Chiu Chiu	0,001	0,00	150	0,0	---
Chuquicamata	0,001	0,00	150	0,0	---
Escuela Kamac Mayu	0,113	0,11	150	0,1	---
Hospital del Cobre	0,028	0,03	151	0,0	---

Fuente: Elaboración propia

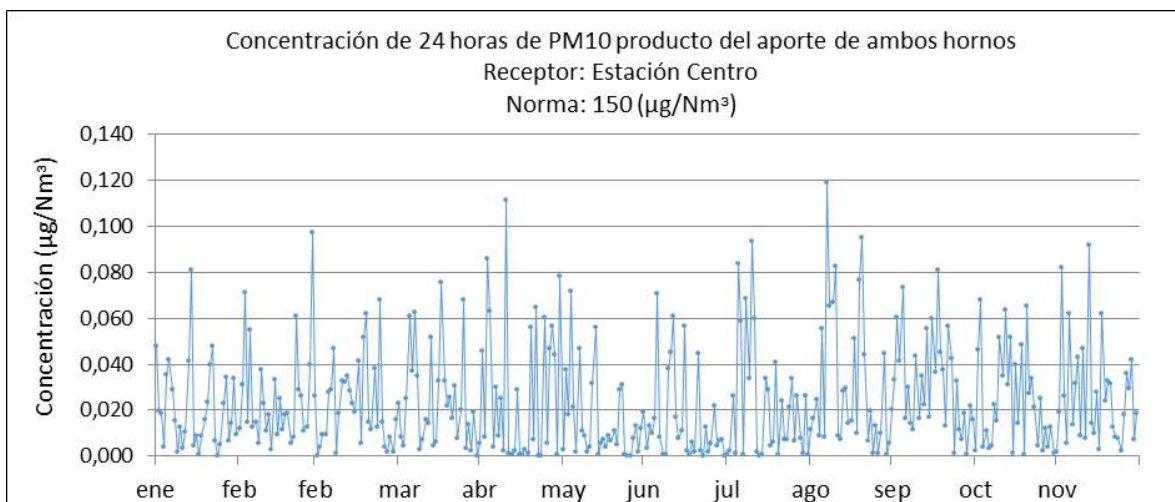


Ilustración 41 Concentración 24 horas PM10 – Estación Centro.

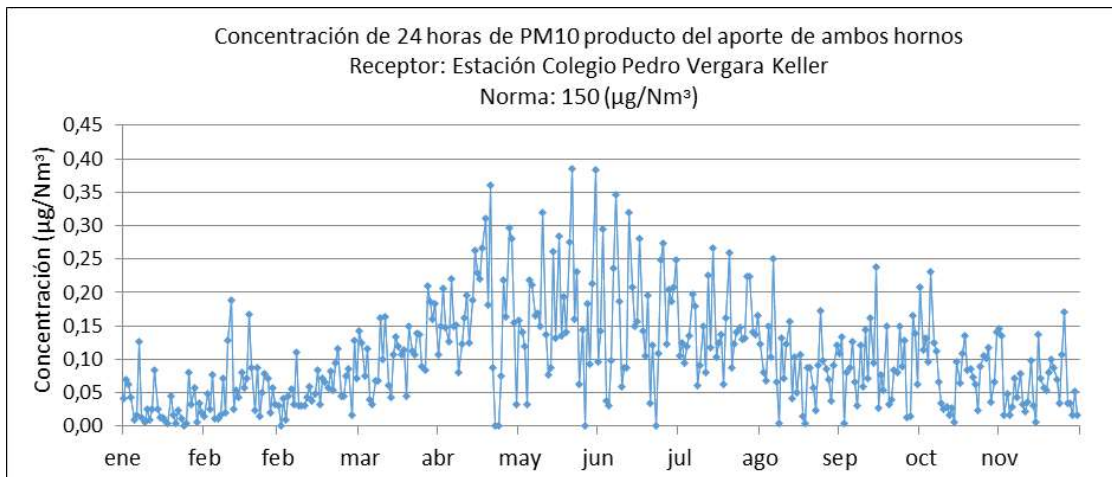


Ilustración 42 Concentración 24 horas PM10 – Estación Colegio Pedro Vergara Keller.

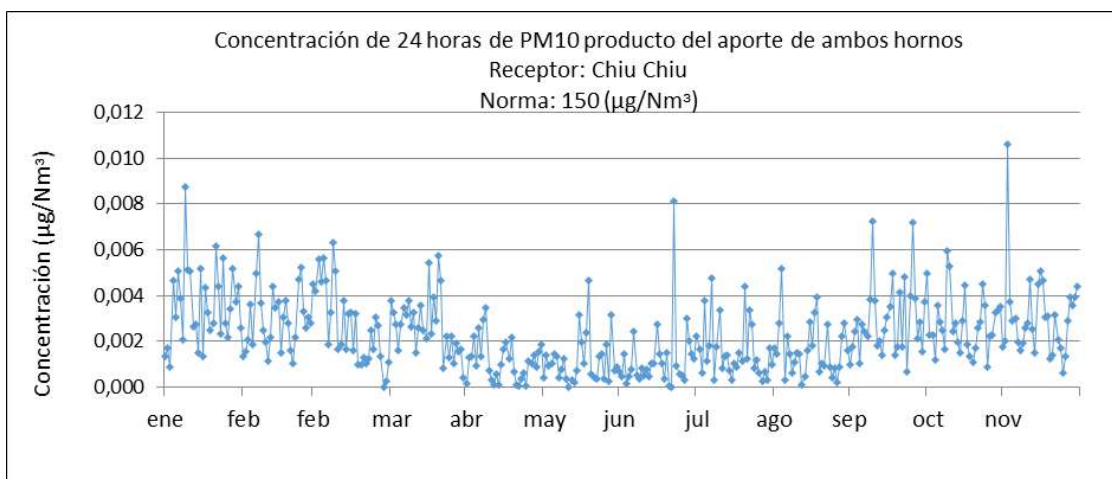


Ilustración 43 Concentración 24 horas PM10 – Chiu Chiu.

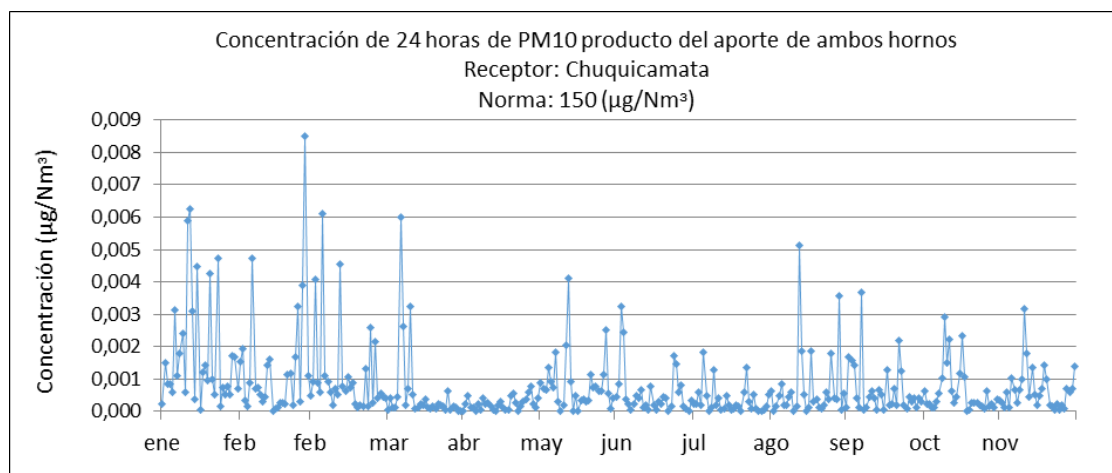


Ilustración 44 Concentración 24 horas PM10 – Estación Chuquicamata.

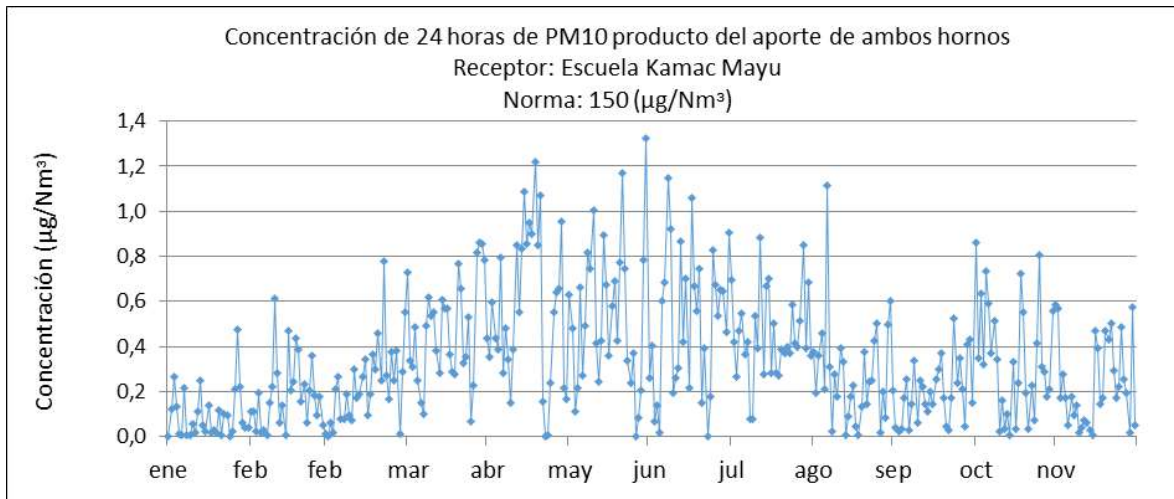


Ilustración 45 Concentración 24 horas PM10 – Escuela Kamac Mayu.

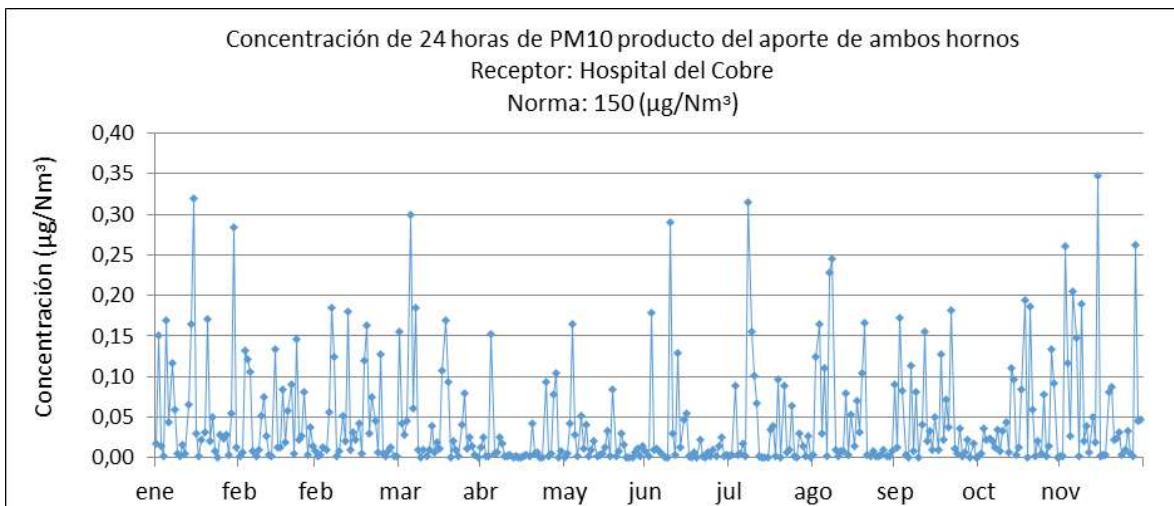


Ilustración 46 Concentración 24 horas PM10 – Hospital del Cobre.

5.1.2 Concentración Anual

En la Tabla 19 se presenta el aporte de la operación de los dos hornos a la concentración anual de PM10 en los receptores discretos. Estos valores son resultados de la modelación y compensados por incertidumbre meteorológica de los datos simulados. Nuevamente, los aportes del proyecto corresponden a valores marginales respecto de la norma.

Tabla 19 Concentración Anual PM10 - Aporte de ambas chimeneas de hornos RAM.

Receptor	Aporte del proyecto ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Norma	% Norma	LDB con proyectos + Proyecto RAM ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Estación Centro	0,024	0,024	50	0,0	43,0986
Estación Colegio Pedro Vergara Keller	0,103	0,11	50	0,2	57,8505
Chiu Chiu	0,002	0,00	50	0,0	---
Chuquicamata	0,001	0,00	50	0,0	---
Escuela Kamac Mayu	0,341	0,35	50	0,7	---
Hospital del Cobre	0,043	0,04	50	0,1	---

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Puntos de Máximo Impacto

Los puntos de máximo impacto corresponden a aquellos puntos de la grilla del modelo en donde las emisiones de las chimeneas de los hornos de la planta RAM, generan las máximas concentraciones de un contaminante atmosférico. El aporte de PM10 en los puntos de máximo impacto se presenta en la Tabla 20 y se representan gráficamente en el ANEXO 1 CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN. Para ambas normas (diaria y anual) el máximo aporte del proyecto es marginal, alcanzando valores que, en el peor de los casos (concentración anual), apenas corresponden a un 2,5% de la norma.

Tabla 20 Aporte de PM10 en Puntos de Máximo Impacto (PMI).

Norma	Aporte del proyecto en PMI ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Límite norma ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	% Norma	X (m)	Y (m)
Concentración 24 horas Per98 (D.S. 20/2013)	0,106	2,80	150	1,9	509245	7518645
Concentración Anual (D.S. 45/2001)	0,34	1,24	50	2,5	509245	7518645

Fuente: Elaboración propia. Coordenadas UTM, WGS84, Huso 19.

5.1.4 Ciclo diario del aporte de PM10

En la Ilustración 47 se presenta el ciclo diario del aporte de la operación de ambos hornos en los receptores discretos. Tal como se puede observar, aunque marginales, los mayores aportes se presentan durante las horas de la madrugada cuando las condiciones para la dispersión son más desfavorables.

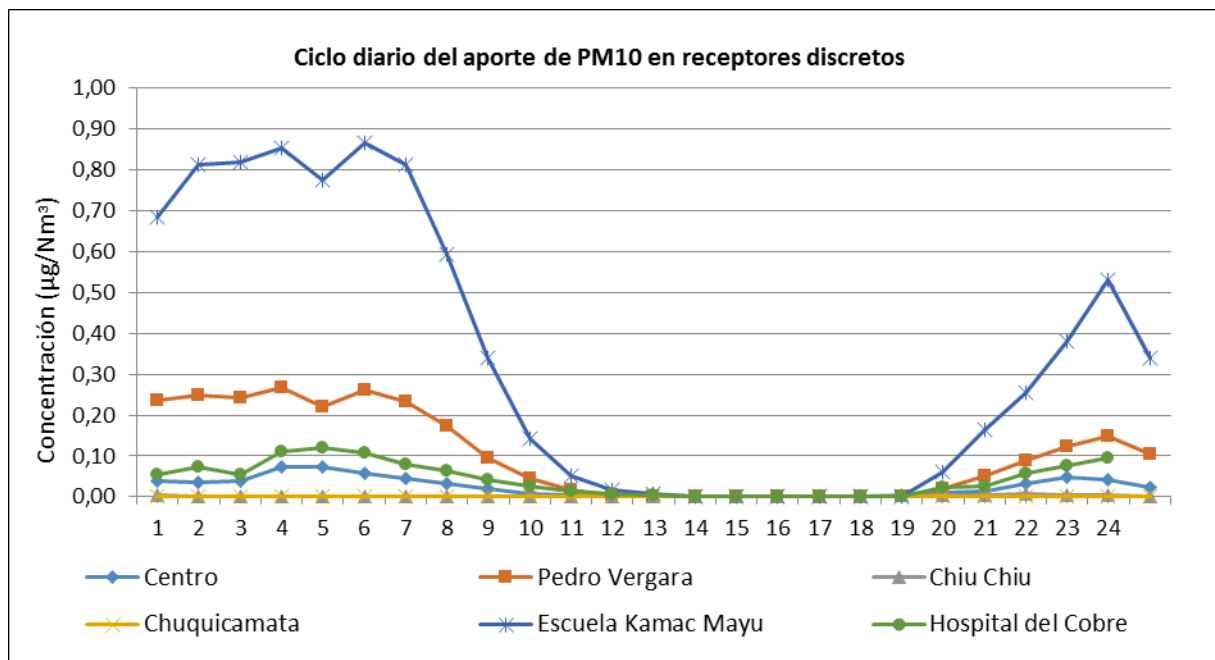


Ilustración 47 Ciclo diario del aporte de PM10 en receptores discretos.

5.2 Dióxido de Azufre (SO₂)

5.2.1 Concentración 24 horas

En la Tabla 21 y Tabla 22 se presenta el aporte de la operación de ambos hornos a la concentración de 24 horas de SO₂ en los receptores discretos, evaluados para la norma primaria (D.S. N°113/2002) como secundaria (D.S. N°22/2010), respectivamente, y que se encuentran vigentes para este contaminante. En tanto, desde la Ilustración 48 a la Ilustración 53, se presentan los gráficos de las series de tiempo de las concentraciones de 24 horas para uno de los receptores. Tal como se observa, el aporte de SO₂ que genera la operación de las chimeneas, es marginal en todos los receptores con respecto a la norma. Además, sumado dicho aporte a la actividad de aquellos proyectos que estarán pronto en operación, tampoco afectará la calidad del aire, por cuanto la norma en ningún caso es superada.

Tabla 21 Concentración SO₂, 24 horas, Percentil 99 (Norma Primaria).

Receptor	Aporte del proyecto (µg/Nm ³)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica (µg/Nm ³)	Norma	% Norma	LDB con proyectos + Proyecto RAM (µg/Nm ³)
Estación Centro	2,0	6,52	250	2,6	6,52
Estación Colegio Pedro Vergara Keller	7,4	11,90	250	4,8	---
Chiu Chiu	0,1	4,62	250	1,8	---
Chuquicamata	0,1	4,59	250	1,8	---
Escuela Kamac Mayu	26,2	30,65	250	12,3	---
Hospital del Cobre	6,8	11,29	250	4,5	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Concentración SO₂, 24 horas, Percentil 99,7 (Norma Secundaria).

Receptor	Aporte del proyecto (µg/Nm ³)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica (µg/Nm ³)	Norma	% Norma	LDB con proyectos + Proyecto RAM (µg/Nm ³)
Estación Centro	2,6	9,12	365	2,5	34,79
Estación Colegio Pedro Vergara Keller	8,8	15,32	365	4,2	---
Chiu Chiu	0,2	6,72	365	1,8	86,72
Chuquicamata	0,1	6,69	365	1,8	---
Escuela Kamac Mayu	28,6	35,17	365	9,6	---
Hospital del Cobre	7,5	14,03	365	3,8	---

Fuente: Elaboración propia.

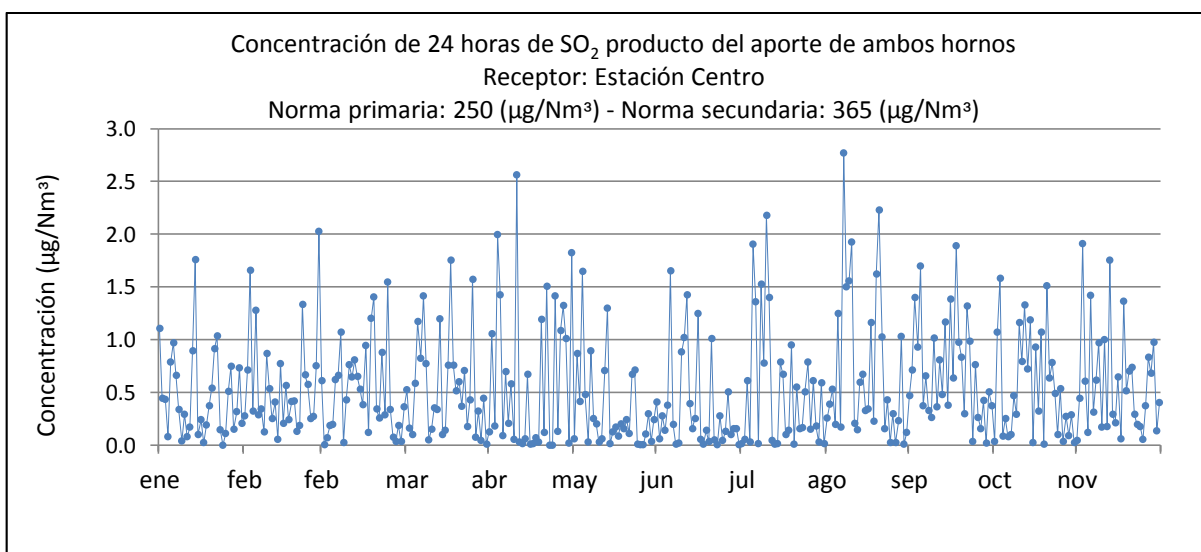


Ilustración 48 Concentración 24 horas SO₂ – Estación Centro.

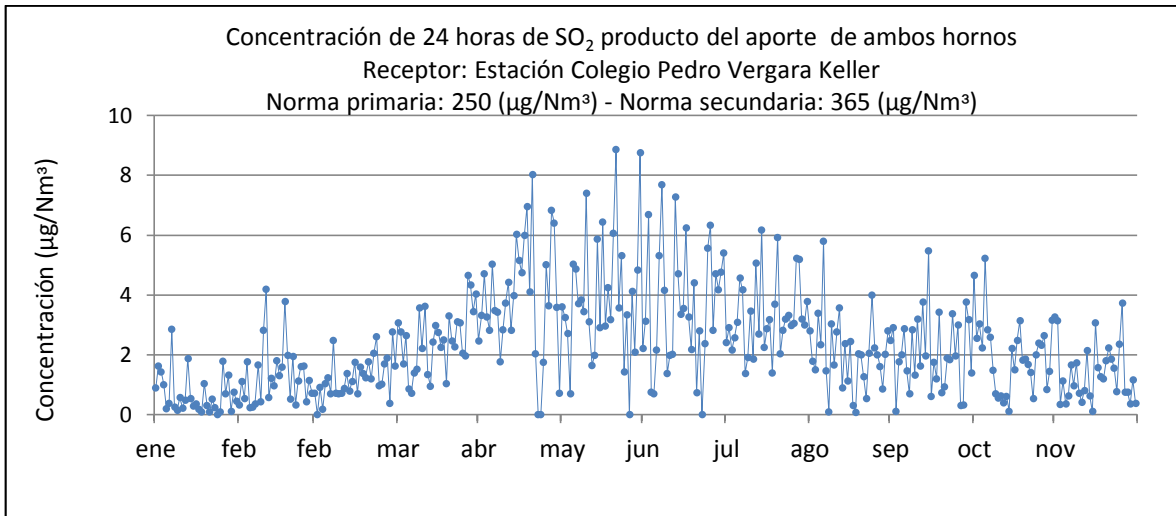


Ilustración 49 Concentración 24 horas SO₂ – Estación Colegio Pedro Vergara Keller.

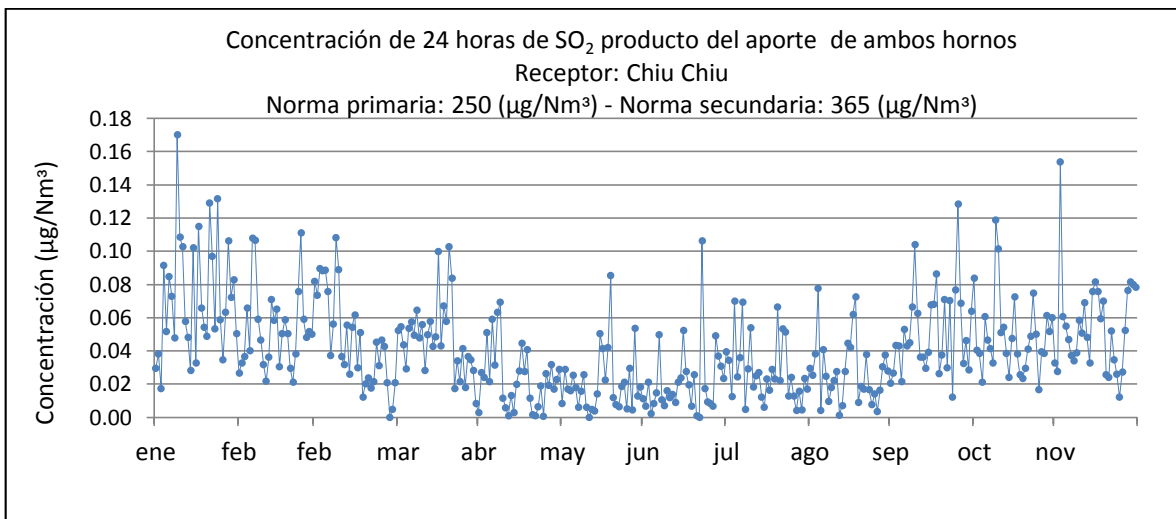


Ilustración 50 Concentración 24 horas SO₂ – Chiu Chiu.

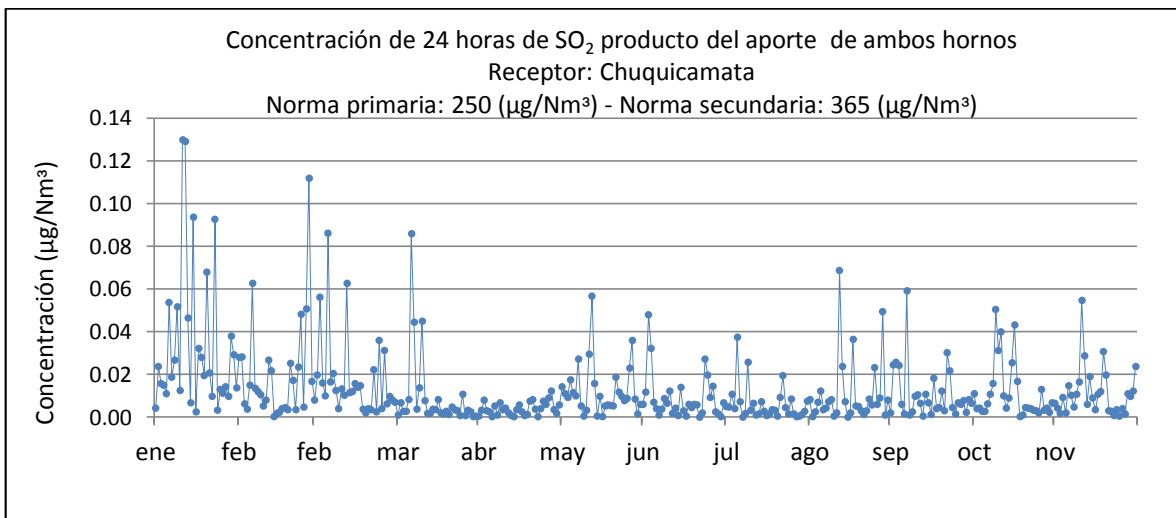


Ilustración 51 Concentración 24 horas SO₂ – Chuquicamata.

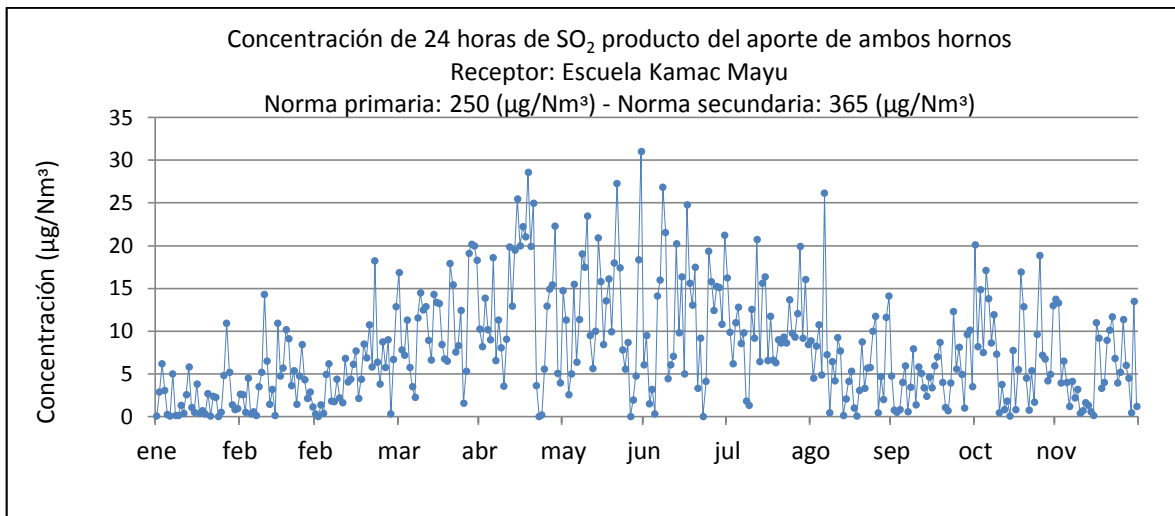


Ilustración 52 Concentración 24 horas SO₂ – Escuela Kamac Mayu.

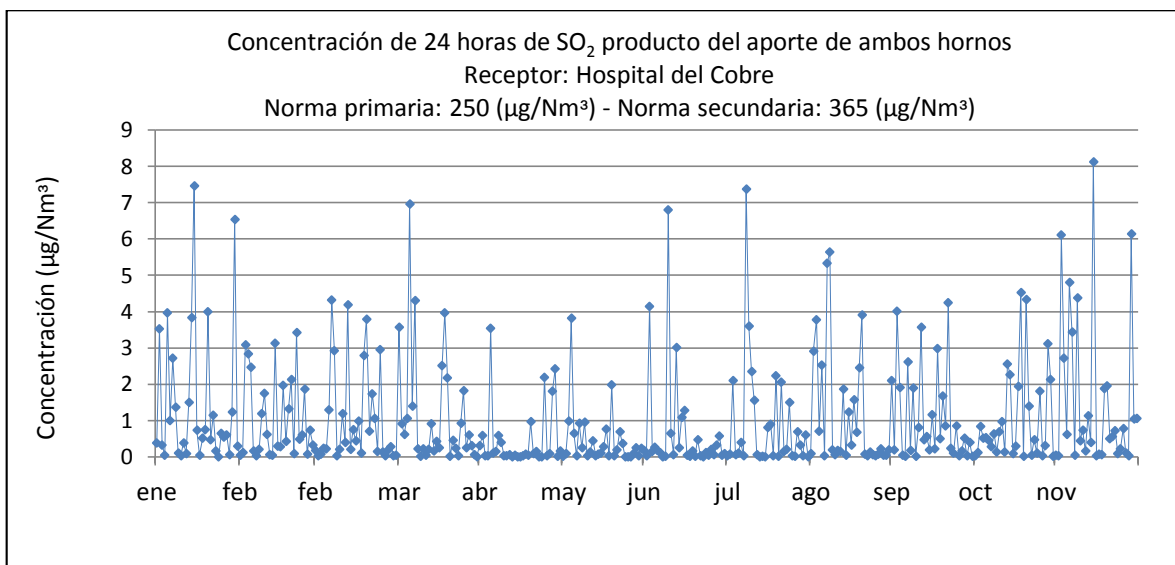


Ilustración 53 Concentración 24 horas SO₂- Hospital del Cobre.

5.2.2 Concentración Anual

En la Tabla 23 se presenta el aporte de la operación de ambos hornos, a la concentración anual de SO₂ en los receptores discretos. El mayor aporte se produce en la estación Escuela Kamac Mayu siendo menor al 10% de la norma, establecida en 80 (µg/Nm³), tanto para la norma primaria como secundaria que regula la calidad del aire para este contaminante. En el colegio Pedro Vergara Keller la norma alcanza el 4,7% mientras que en los demás receptores (Estación Centro, Chiu-Chiu, y Chuquicamata) no alcanza al 3% de la norma. En cuanto a la estación Hospital del Cobre apenas llega el 3,0% de la norma. Cabe señalar que la estación Centro fue también considerada para evaluación de norma secundaria debido a su localización dentro del área de influencia del proyecto y su cercanía a la cuenca del río Loa y los recursos naturales que allí existen.

Tabla 23 Concentración Anual SO₂ - Aporte ambos chimeneas RAM. (Norma Primaria y Secundaria)

Receptor	Aporte del proyecto (µg/Nm ³)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica (µg/Nm ³)	Norma	% Norma	LDB con proyectos + Proyecto RAM (µg/Nm ³)	LDB con proyectos + Proyecto RAM (µg/Nm ³)
Estación Centro	0,54	1,98	80	2,5	1,98	6,31
Estación Colegio Pedro Vergara Keller	2,33	3,77	80	4,7	---	---
Chiu Chiu	0,04	1,48	80	1,8	---	4,81
Chuquicamata	0,01	1,45	80	1,8	---	---
Escuela Kamac Mayu	7,95	9,39	80	11,7	---	---
Hospital del Cobre	1,00	2,43	80	3,0	---	---

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Concentración 1 hora

En la Tabla 24 se presenta el aporte de la operación de los hornos a la concentración anual de SO₂ en los receptores discretos. El aporte es marginal en todos los receptores, alcanzando en el peor de los casos, el 14,6 % de la norma secundaria que regula la calidad del aire para este contaminante en la escuela Kamac Mayu.

Tabla 24 Concentración 1 hora SO₂ - Aporte ambas chimeneas RAM.

Receptor	Aporte del proyecto (µg/Nm ³)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica (µg/Nm ³)	Norma	% Norma
Estación Centro	28,3	46,27	1000	4,6
Estación Colegio Pedro Vergara Keller	36,3	54,32	1000	5,4
Chiu Chiu	0,7	18,68	1000	1,9
Chuquicamata	0,7	18,67	1000	1,9
Escuela Kamac Mayu	127,6	145,59	1000	14,6
Hospital del Cobre	84,0	101,93	1000	10,2

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Puntos de Máximo Impacto

Los puntos de máximo impacto corresponden a aquellos puntos de la grilla del modelo en donde las emisiones de ambas chimeneas de la planta RAM generan las máximas concentraciones de SO₂, para promedios de una hora, 24 horas o un año, de acuerdo a las diferentes normas de calidad existentes. Los puntos de máximo impacto se presentan en la Tabla 25 y la Tabla 26 para las normas primaria y secundaria, respectivamente, y se representan gráficamente tanto en la en el ANEXO 1 CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN como en la Ilustración 54. Al respecto, cabe señalar que los puntos identificados se encuentran entre 0,9 y 1,2 km de distancia del río Loa y las zonas de cultivo aledañas, con una dispersión del contaminante en el sentido opuesto a la localización del río respecto de las fuentes de emisión modeladas, cuando en la zona predominan los vientos más intensos (entre 4 – 7 m/s) que son provenientes del oeste y sur-oeste y que explican la existencia del PMI para promedios diarios. Aquellos vientos más débiles y que explicarían la posición del PMI en concentración anual, son provenientes del nor-este que, de acuerdo a la posición relativa de

dicho punto, tendrían una trayectoria en diagonal hacia el sur-oeste. En consecuencia las emisiones de SO₂ del Proyecto serían dispersas en sentido contrario a la posición relativa que el Loa tiene respecto del proyecto, o evitando tangencialmente dicho cuerpo de agua y los recursos naturales asociados a su cuenca, no generando impactos significativos en la porción del río incluida en el área de influencia del proyecto.

Tabla 25 Punto de Máximo Impacto (PMI) en la Norma Primaria de SO₂.

PMI	Aporte del proyecto (µg/Nm³)	Aporte del proyecto modelado ajustada por incertidumbre meteorológica (µg/Nm³)	D.S. 113/2002 (µg/Nm³)	% Norma	X (m)	Y (m)
Concentración 24 horas Per99	26,2	27,99	250	11,2	510791	7518963
Anual	7,9	8,44	80	10,5	508788	7517970

Coordenadas UTM, WGS84, Huso 19.

Tabla 26 Punto de Máximo Impacto (PMI) Norma Secundaria de SO₂.

PMI	Aporte del proyecto (µg/Nm³)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica (µg/Nm³)	D.S. 22/2010 (µg/Nm³)	% Norma	X (m)	Y (m)
Concentración 1 hora Per99,73	208,3	222,51	1000	22,3	510791	7518963
Concentración 24 horas Per99,7	28,6	30,55	365	8,4	510791	7518963
Anual	7,95	8,49	80	10,6	508788	7517970

Coordenadas UTM, WGS84, Huso 19.



Ilustración 54 Plano de ubicación de los puntos de mayor impacto (PMI) de SO₂.

5.2.5 Ciclo diario del aporte de SO₂

En la Ilustración 55 se presenta el ciclo diario del aporte de SO₂ generado por la operación de ambos hornos en los receptores discretos. Tal como puede observarse, los mayores aportes se presentan durante las horas de la madrugada, cuando las condiciones meteorológicas son más estables y por tanto más desfavorables para la ventilación y dilución de los aerosoles atmosféricos.

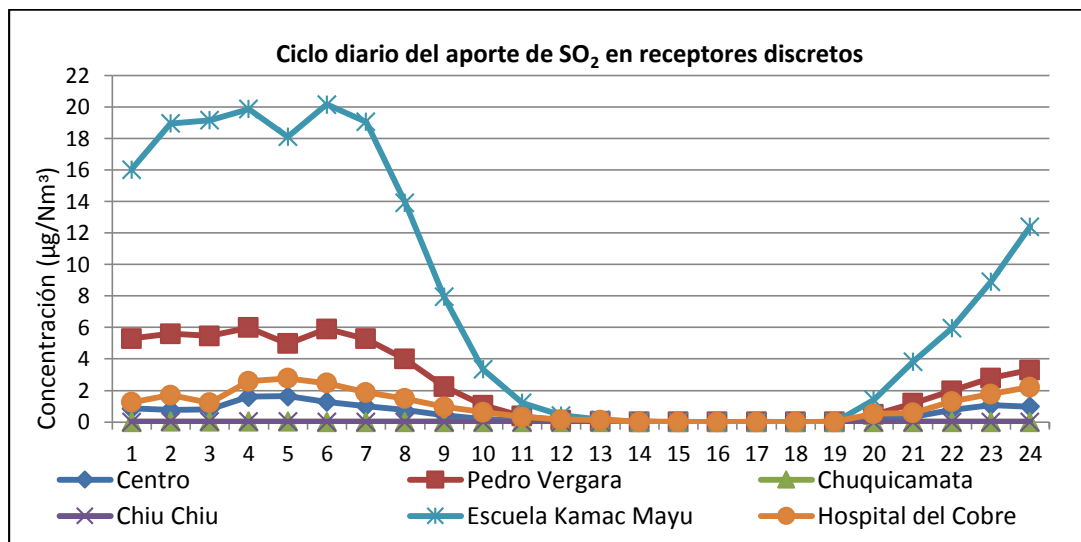


Ilustración 55 Ciclo diario del aporte de SO₂ en receptores discretos.

5.3 PLOMO (Pb)

5.3.1 Concentración Anual (Pb)

En la Tabla 27 se presenta el resultado para el aporte de ambos hornos a la concentración anual de Pb en los receptores discretos y el grado de cumplimiento respecto de la norma (D.S. 136/2001). En tanto, desde la Ilustración 56 a la Ilustración 61 se presentan las series de tiempo de las concentraciones horarias para cada uno de los receptores.

Tabla 27 Concentración Pb anual en receptores discretos.

Receptor	Aporte del proyecto ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Norma ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	% Norma
Estación Centro	0,002	0,01	0,5	0,40%
Estación Colegio Pedro Vergara Keller	0,0088	0,02	0,5	1,80%
Chiu Chiu	0,0002	0,01	0,5	0,00%
Chuquicamata	0,0001	0,01	0,5	0,00%
Escuela Kamac Mayu	0,029	0,04	0,5	5,80%
Hospital del Cobre	0,0037	0,01	0,5	0,70%

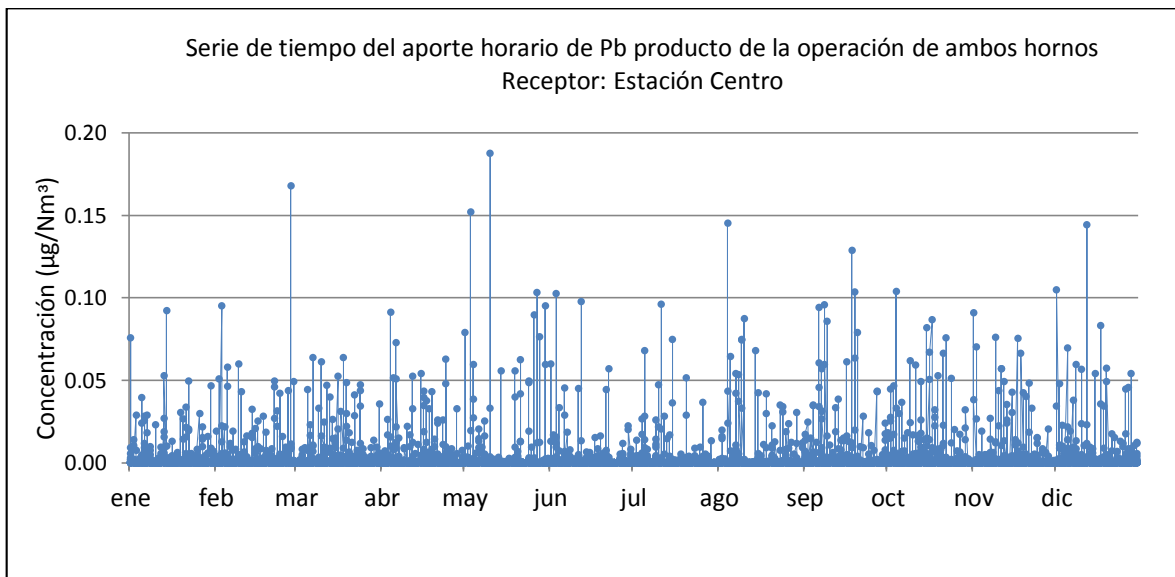


Ilustración 56 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Estación Centro.

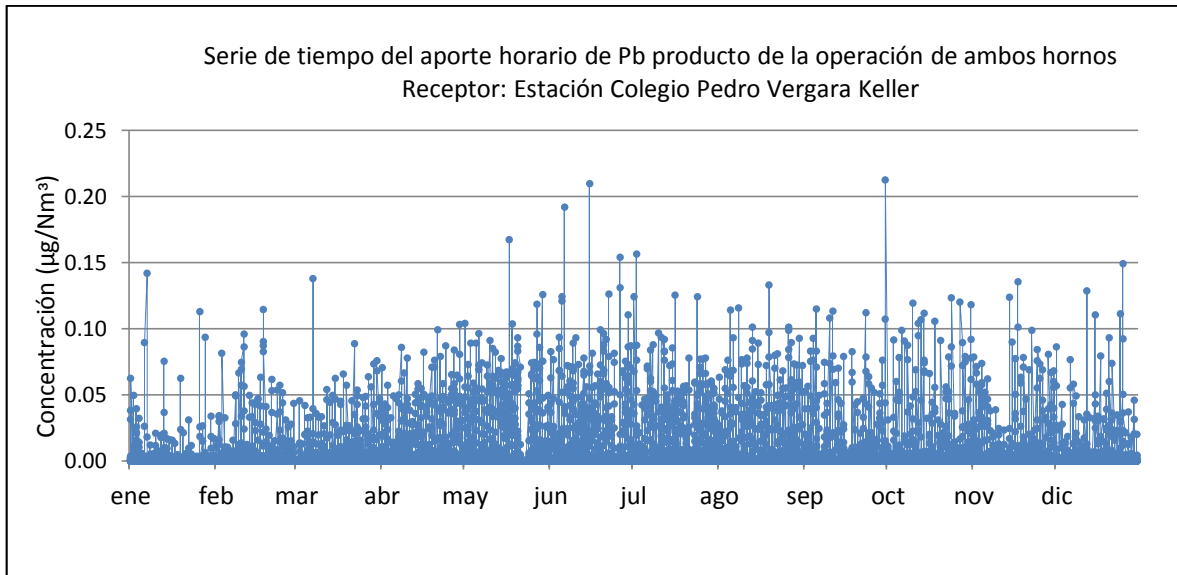


Ilustración 57 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Estación Colegio Pedro Vergara Keller.

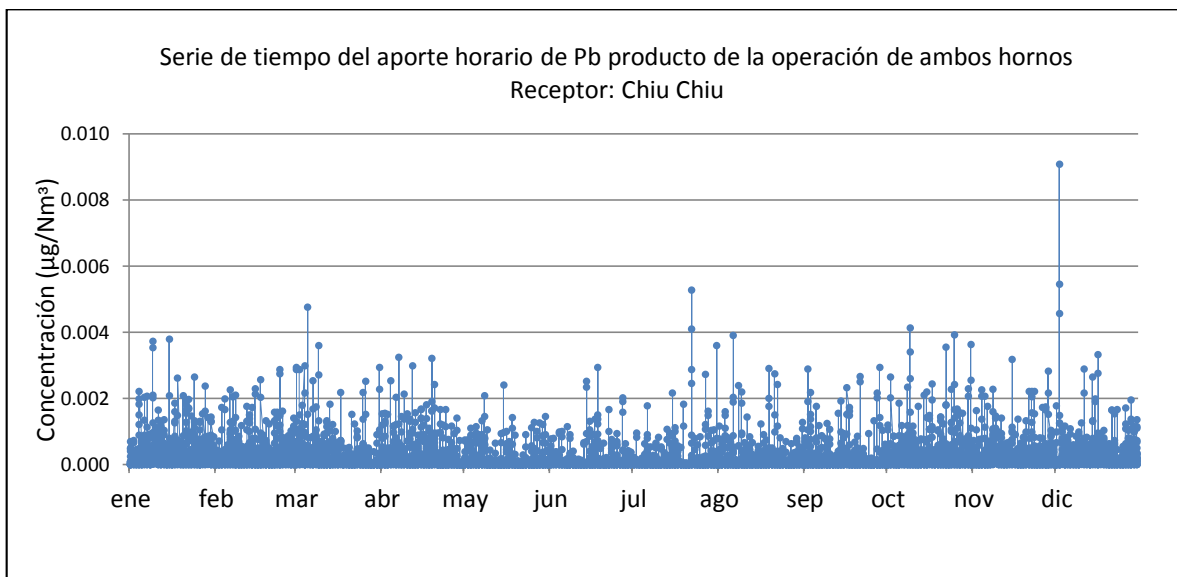


Ilustración 58 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Chiu Chiu.

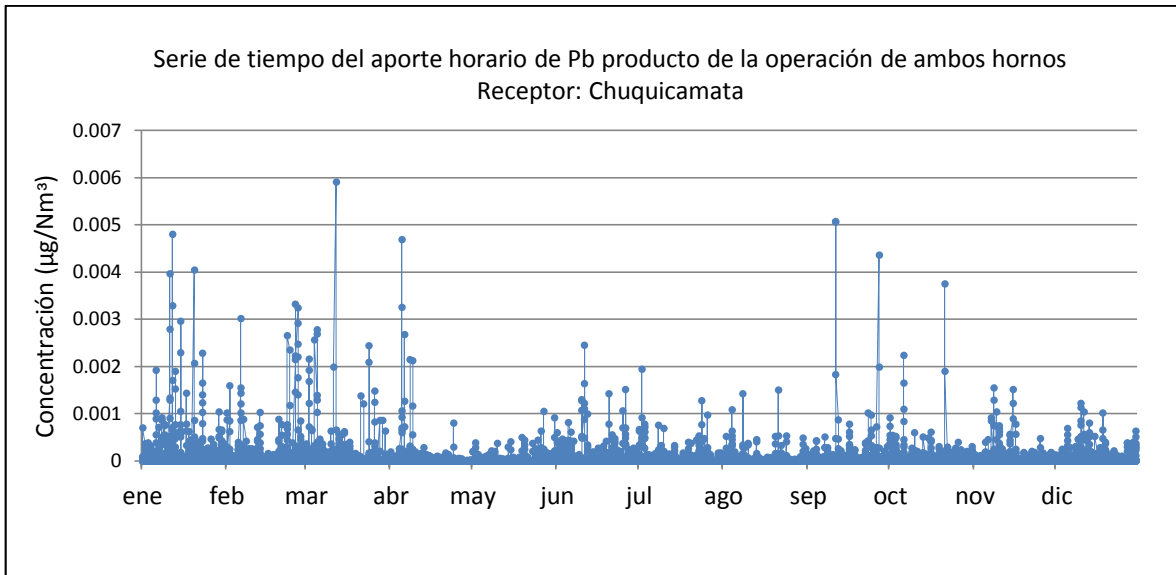


Ilustración 59 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Chuquicamata.

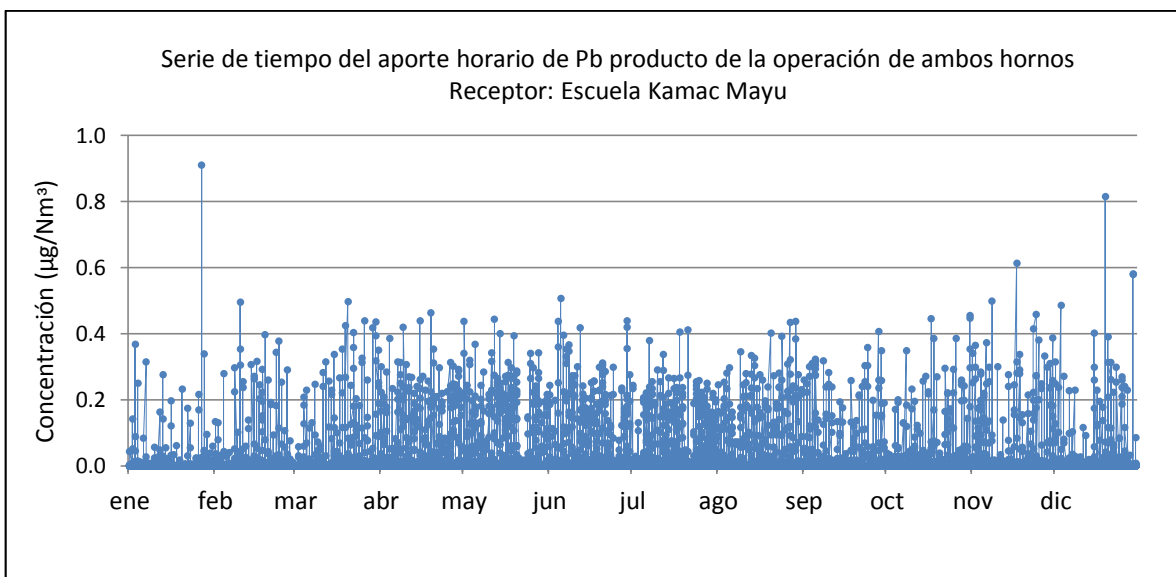


Ilustración 60 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Estación Escuela Kamac Mayu.

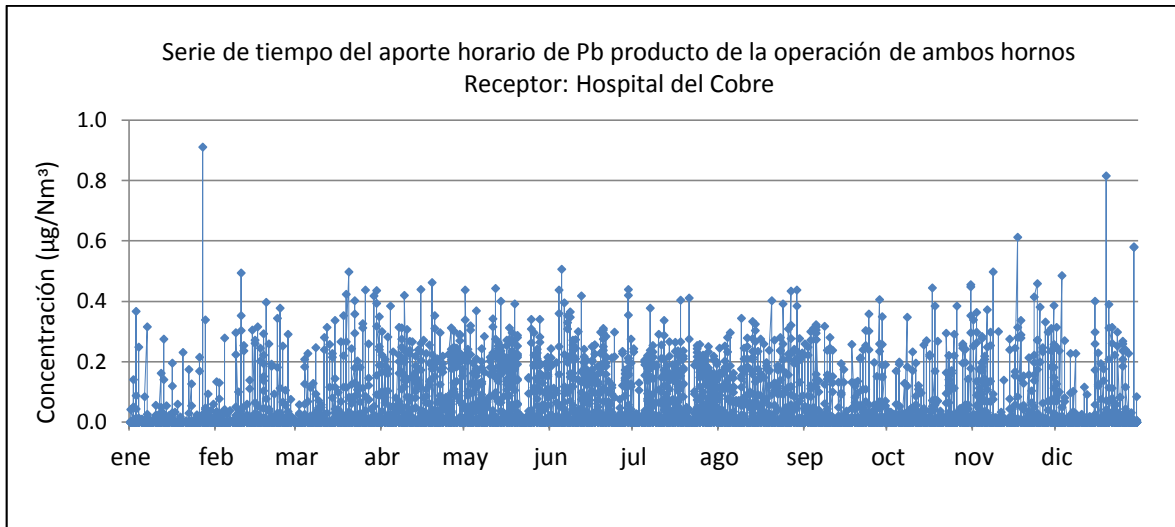


Ilustración 61 Serie de tiempo Concentración horaria de Pb – Hospital del Cobre

5.3.2 Puntos de Máximo Impacto.

Los puntos de máximo impacto corresponden a aquellos puntos del dominio de modelación en donde las emisiones de ambos hornos de la planta generan las máximas concentraciones de un contaminante atmosférico. Estas concentraciones pueden corresponder a promedios de una hora, 8 horas, 24 horas o un año, dependiendo de la norma de calidad que se esté evaluando. El aporte de Pb en el punto donde se produce la mayor concentración promedio anual se presenta en la Tabla 28 y su ubicación con respecto a la Planta RAM se presenta en el ANEXO 1 CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN.

Tabla 28 Aporte de Pb en Puntos de Máximo Impacto (PMI).

Norma	Aporte del proyecto en PMI (µg/Nm³)	Aporte del proyecto ajustado por incertidumbre meteorológica (µg/Nm³)	Norma	% Norma	X (m)	Y (m)
Concentración Anual	0,03	0,03	0,5	6,4	509245	7518645

Coordenadas UTM, WGS84, Huso 19.

5.3.3 Ciclo Diario de Pb.

En la Ilustración 62 se presenta el ciclo diario del aporte de la operación de ambos hornos, en los receptores discretos. Tal como puede observarse, los mayores aportes se presentan durante las horas de la madrugada, cuando las condiciones para la dispersión son más desfavorables.

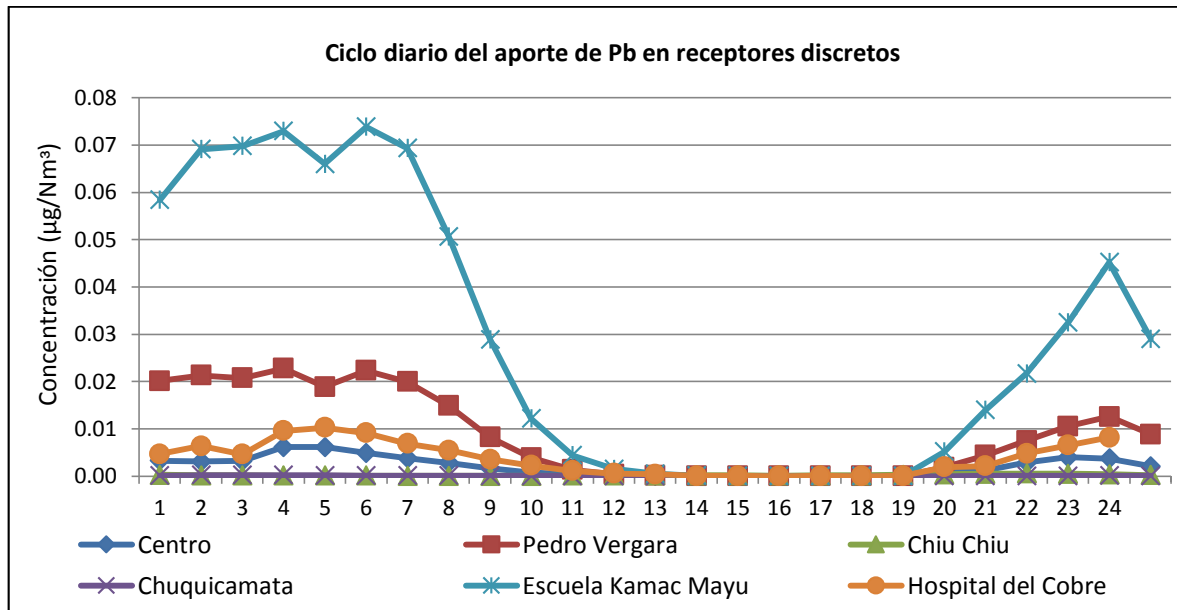


Ilustración 62 Ciclo diario del aporte de Pb en receptores discretos.

6 Conclusiones

De la línea base

El proyecto se emplaza dentro del sector de la ciudad de Calama, y es en este sitio donde se evalúan los efectos del proyecto en cuestión.

Del análisis de la línea base de meteorología y calidad del aire en Calama se observa que los vientos se caracterizan por un período nocturno de bajas velocidades (entre 1 y 2 m/s), que cambia a partir de las 9:00 horas, aumentando hasta lograr su valor promedio más alto a las 15:00 horas (6 m/s), para luego disminuir y comenzar nuevamente el ciclo nocturno a las 21:00 horas. En el período nocturno, entre las 22:00 y las 9:00 horas, los vientos se dirigen preferentemente hacia el Sur-Oeste, mientras que entre las 11:00 y 20:00 horas, los vientos soplan hacia el Nor-Este.

En el período entre las 14:00 y 16:00 horas se presentan las mayores velocidades, y por tanto la mayor capacidad de dispersión de partículas.

Lo anterior indica que durante los períodos nocturnos se espera poca dispersión de contaminantes, quedando las emisiones sujetas al transporte catabático (por pendiente), asociado a la menor

intensidad del viento y bajas temperaturas, generando atmósferas estables que implican una reducida capacidad de mezcla vertical.

Cabe señalar que la temperatura del aire se asocia al nivel de calor (energía) que posee la atmósfera en un determinado momento. La atmósfera no se calienta por radiación solar directa, sino que la energía que llega del sol, calienta la tierra, y ésta, a través de la emisión de radiación, calienta la atmósfera, por tanto el gradiente térmico en la vertical será el responsable de mover las masas de aire en una zona determinada.

El perfil horario del promedio de temperaturas registra un período nocturno de bajos valores (entre 6 y 10° C), que cambia a partir de las 8:00 horas, aumentando hasta lograr su valor promedio más alto entre las 14:00 y 16:00 horas (cercano a los 23° C), para luego disminuir y comenzar el ciclo nocturno a las 23:00 horas, logrando una mínima promedio del orden de los 6° C, entre las 5:00 y 6:00 horas.

Se observa una marcada variación estacional de la temperatura, con meses más fríos entre mayo y agosto. En este período se esperan mayores concentraciones de contaminantes debido a la consecuente menor altura de mezcla.

La calidad del aire basal (año 2014) del PM10 en Calama, presentó valores promedio entre 70 y 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el percentil 98 en 24 horas, y entre 43 y 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como medias tri-anales.

Para el PM2.5 se registraron en Calama valores promedio entre 25 y 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el Percentil 98 en 24 horas, y entre 12 y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para la media anual.

En general, las concentraciones de gases en Calama son bajas, y al comparar lo monitoreado con los límites establecidos en las normas de calidad del aire, resultan a lo más en un 3,75% del valor de la norma para el SO_2 , un 19% del NO_2 . Del mismo modo, los valores de CO en el área de influencia no superan el 5% de la norma, los que de acuerdo a las mediciones isocinéticas que arrojan lecturas de CO iguales a 0, no deberían variar producto del funcionamiento del proyecto. De lo anterior se desprende que el contaminante crítico en la zona resulta ser el PM10.

De las emisiones

Para estimar las emisiones de contaminantes asociados al proyecto, se realizaron campañas de medición isocinéticas durante mayo del 2016, tomadas en la salida de la chimenea que se encuentra en funcionamiento y replicando tanto sus emisiones como características físicas y de abatimiento, para una segunda chimenea proyectada. Esta información alimentó el modelo en forma directa, promediando las emisiones correspondientes.

Las emisiones registradas en la campaña antes mencionada, no reportan muestreo para MP2.5 ni NO_x , ya que el mandante señala no emitir NO_2 . Por esta razón este último contaminante en particular no fue modelado.

La operación de la chimenea del horno rotatorio, objeto del presente estudio, presenta en general bajas emisiones de PM10 y SO_2 dada la tecnología para el abatimiento que la compañía ha implementado en sus procesos (ver Tabla 15).

Del Modelo Meteorológico y Evaluación del Impacto

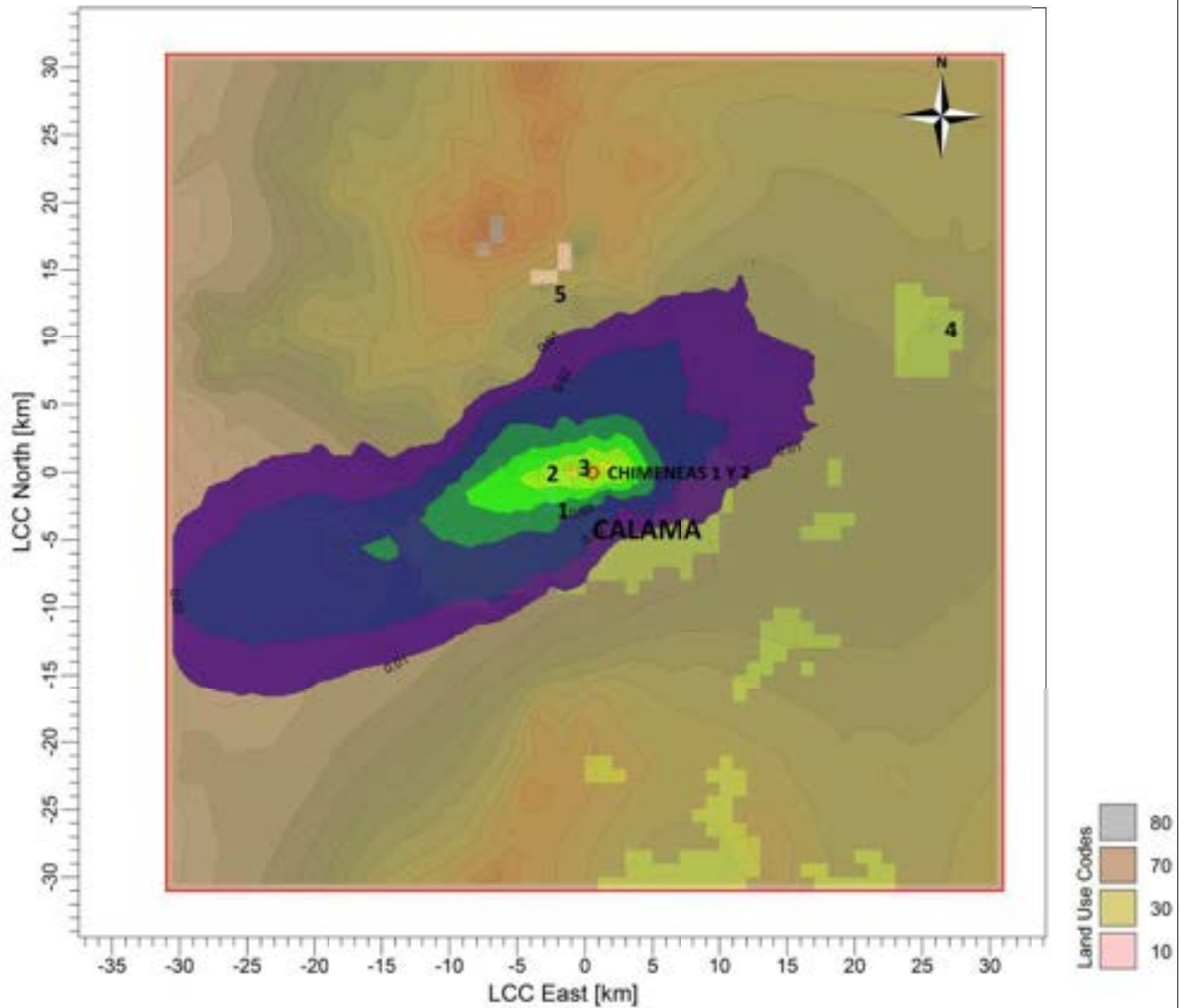
La meteorología de la zona se obtuvo utilizando el modelo WRF según lo recomendado por la Guía del SEA. La evaluación del desempeño de esta modelación arrojó una incertidumbre del 6,8%, por lo cual las concentraciones obtenidas se corrigen multiplicando por ese factor. El aporte de los contaminantes modelados es marginal para todas las normas de calidad del aire primarias y secundarias vigentes, tanto en los receptores discretos como en los puntos de máximo impacto.

Los resultados del análisis de cumplimiento normativo indican que las emisiones del Horno N°1 RAM más aquellas correspondientes a la ampliación de la planta, no influyen en la superación o excedencia de los límites establecidos en toda la normativa de calidad del aire vigente, obteniéndose para todos los contaminantes, concentraciones menores a los límites establecidos en la normativa primaria y secundaria de calidad del aire, vigentes en el territorio nacional.

Dado lo anterior, se puede concluir que la operación de la planta no afecta la salud de la población ni los recursos naturales presentes en el área de influencia del proyecto.

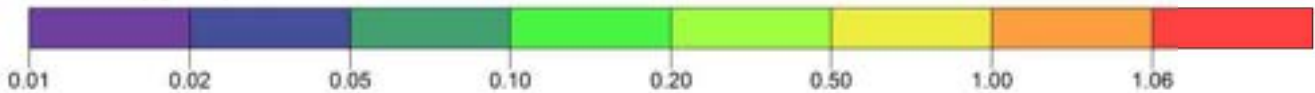
ANEXO 1 CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN

TITULO
CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN PM10 - CONCENTRACIÓN 24 HORAS PERCENTIL98



8 RANK 24 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM10)
Max = 1.06 [ug/m**3] at (X = -1044.00, Y = 179.00)

ug/m**3



PROYECTO

- 1 Estación Centro
- 2 Estación Colegio Pedro Vergara Keller
- 3 Estación Escuela Kamac Mayu
- 4 Chiu Chiu
- 5 Chuquicamata

COMPAÑÍA

UASVISION

ELABORADO POR

Kisi Cerda

SCALE: 1:500,000

0 10 km

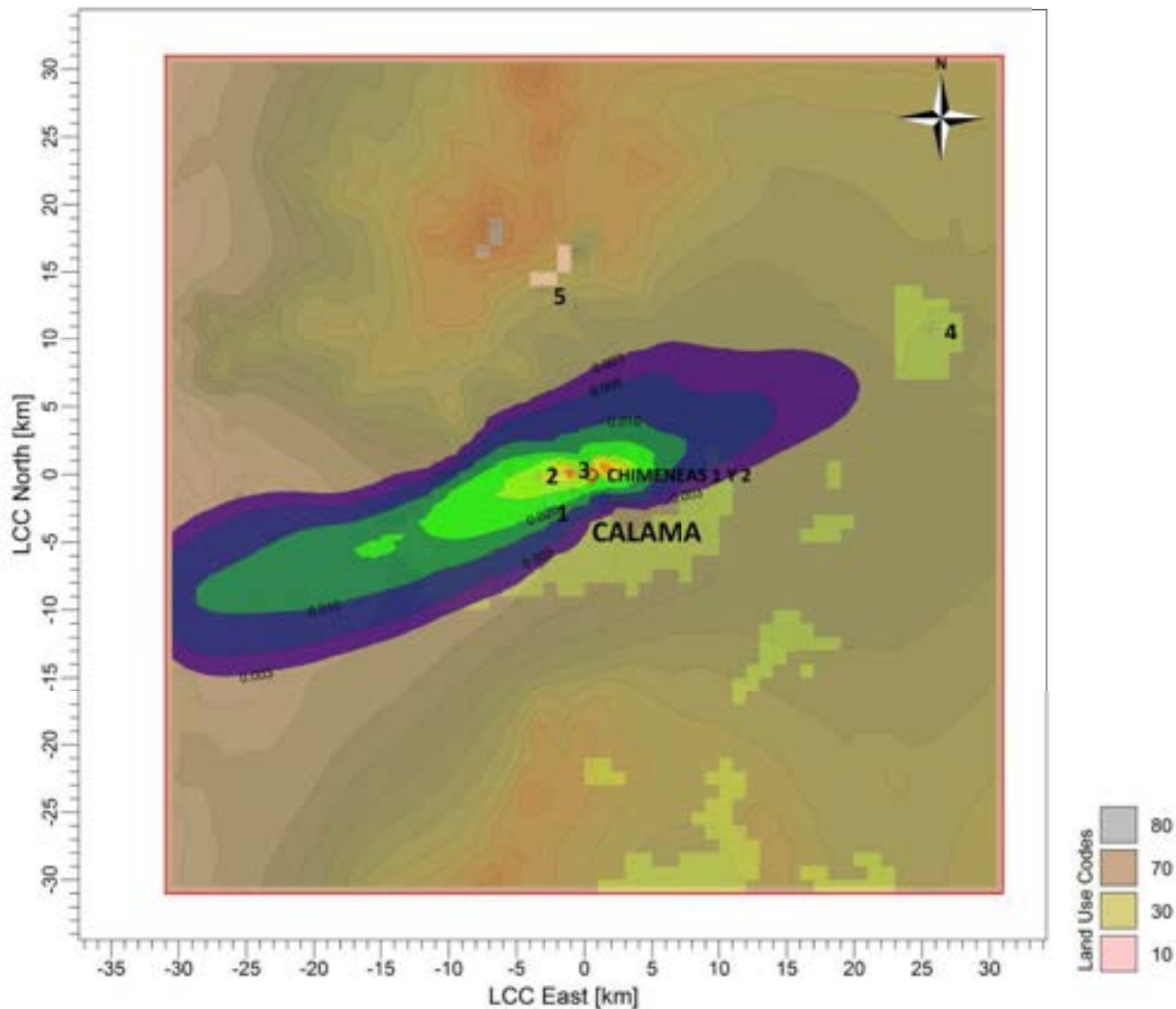
UASvision
Ingeniería

FECHA

27-12-2016

FIGURA

TITULO
 CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN PM10 - CONCENTRACIÓN ANUAL



VALUE 8760 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM10)

Max = 0.341 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] at (X = -1044.00, Y = 179.00)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$



PROYECTO

- 1 Estación Centro
- 2 Estación Colegio Pedro Vergara Keller
- 3 Estación Escuela Kamac Mayu
- 4 Chiu Chiu
- 5 Chuquicamata

COMPAÑÍA

UASVISION

ELABORADO POR

Kisi Cerda

SCALE: 1:500,000

0 10 km

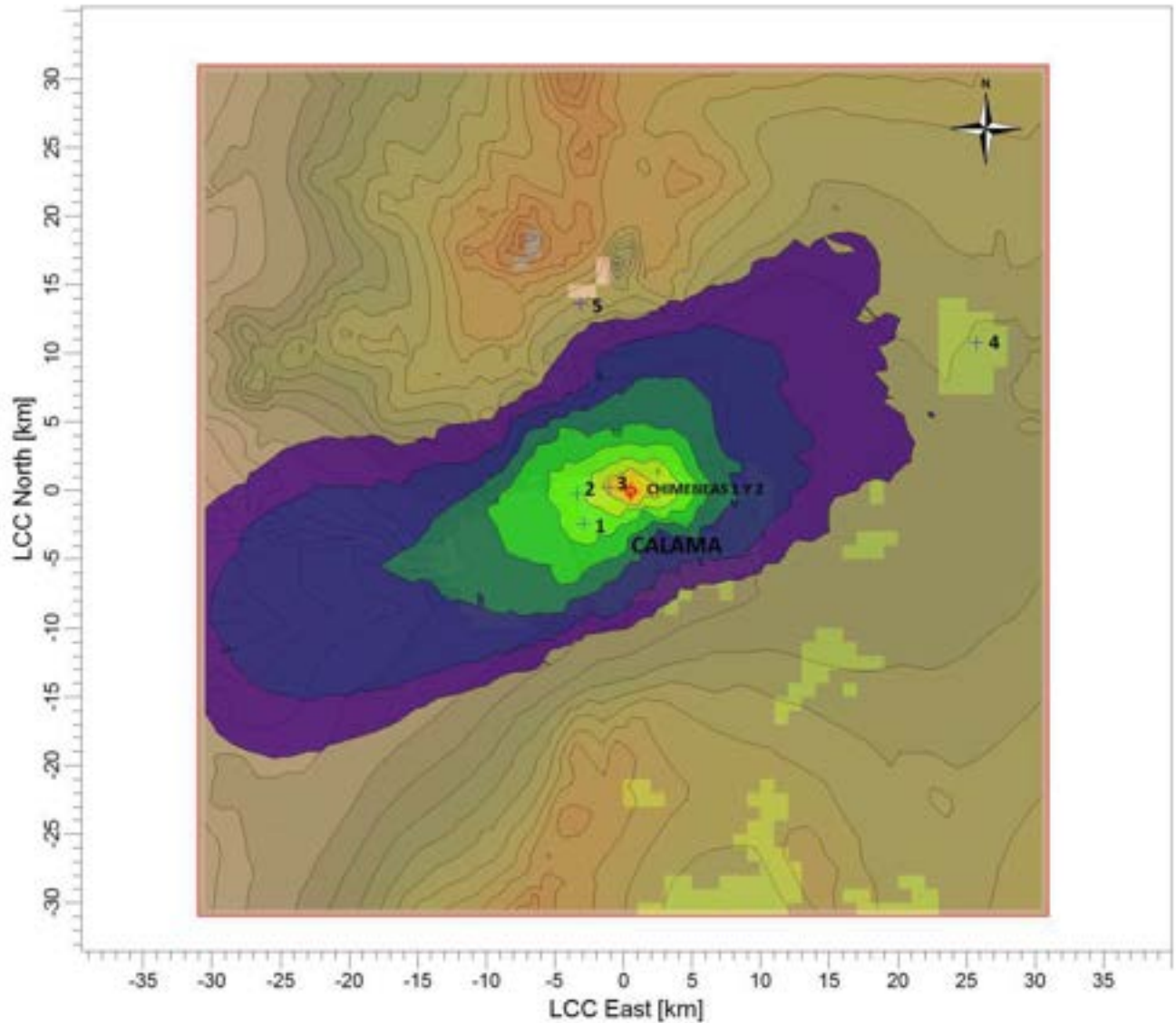


FECHA

27-12-2016

FIGURA

CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN SO2 - CONCENTRACIÓN 1 HORA PERCENTIL 99,73



10 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (SO2)

ug/m³

Max = 208 [ug/m³] at (X = 500.00, Y = -500.00)



Receptores

- 1 Estación Centro
- 2 Estación Colegio Pedro Vergara Keller
- 3 Estación Escuela Kamac Mayu
- 4 Chiu Chiu
- 5 Chuquicamata

Compañía

UASVISION

Elaboración

Kisi Cerda

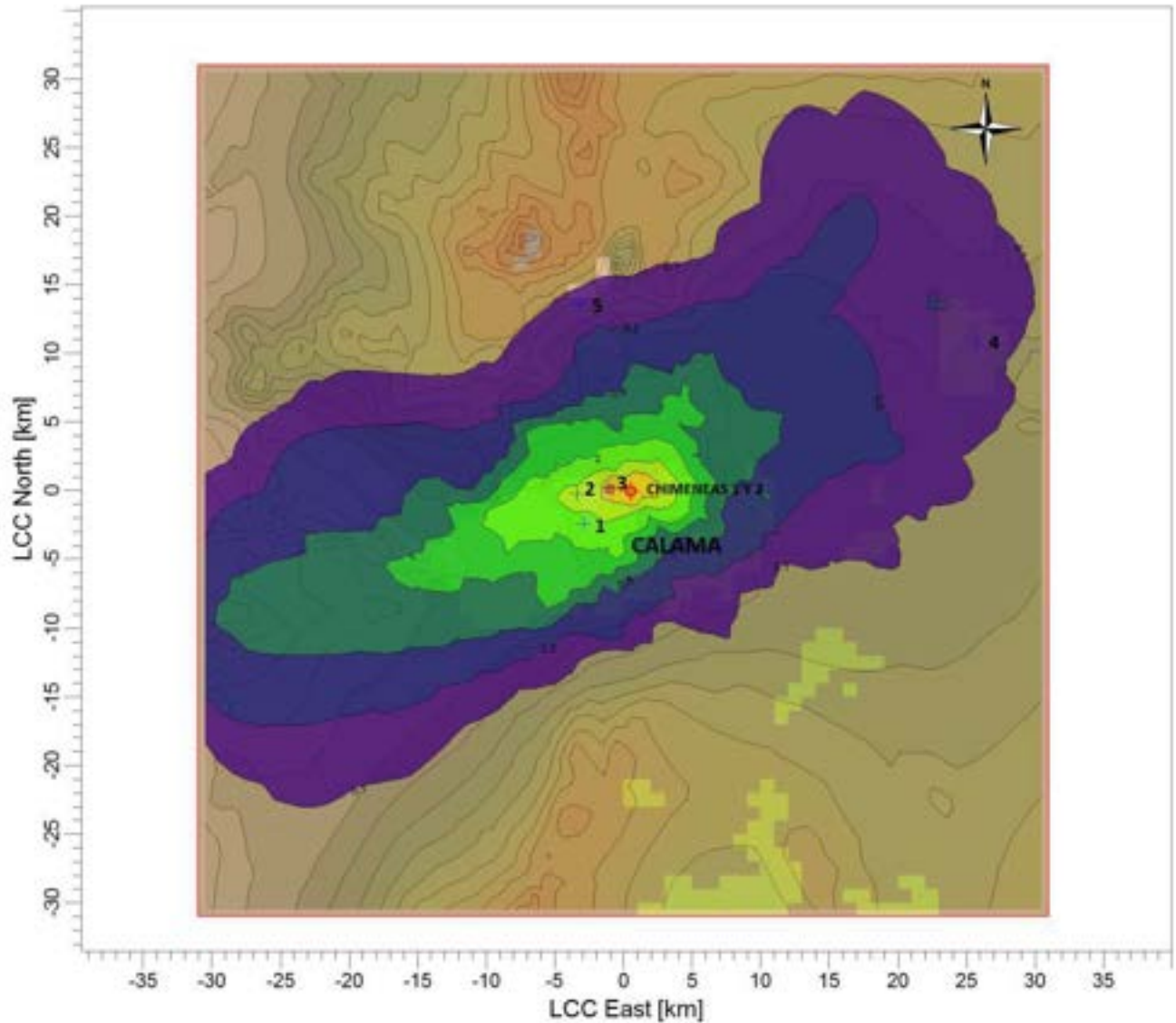
SCALE: 1:500,000



Fecha

08-08-2016

CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN SO2 - CONCENTRACIÓN 24 HORA PERCENTIL 99,7



2 RANK 24 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (SO2)

ug/m**3

Max = 28.6 [ug/m**3] at (X = -1044.00, Y = 179.00)



Receptores

- 1 Estación Centro
- 2 Estación Colegio Pedro Vergara Keller
- 3 Estación Escuela Kamac Mayu
- 4 Chiu Chiu
- 5 Chuquicamata

Compañía

UASVISION

Elaboración

Kisi Cerda

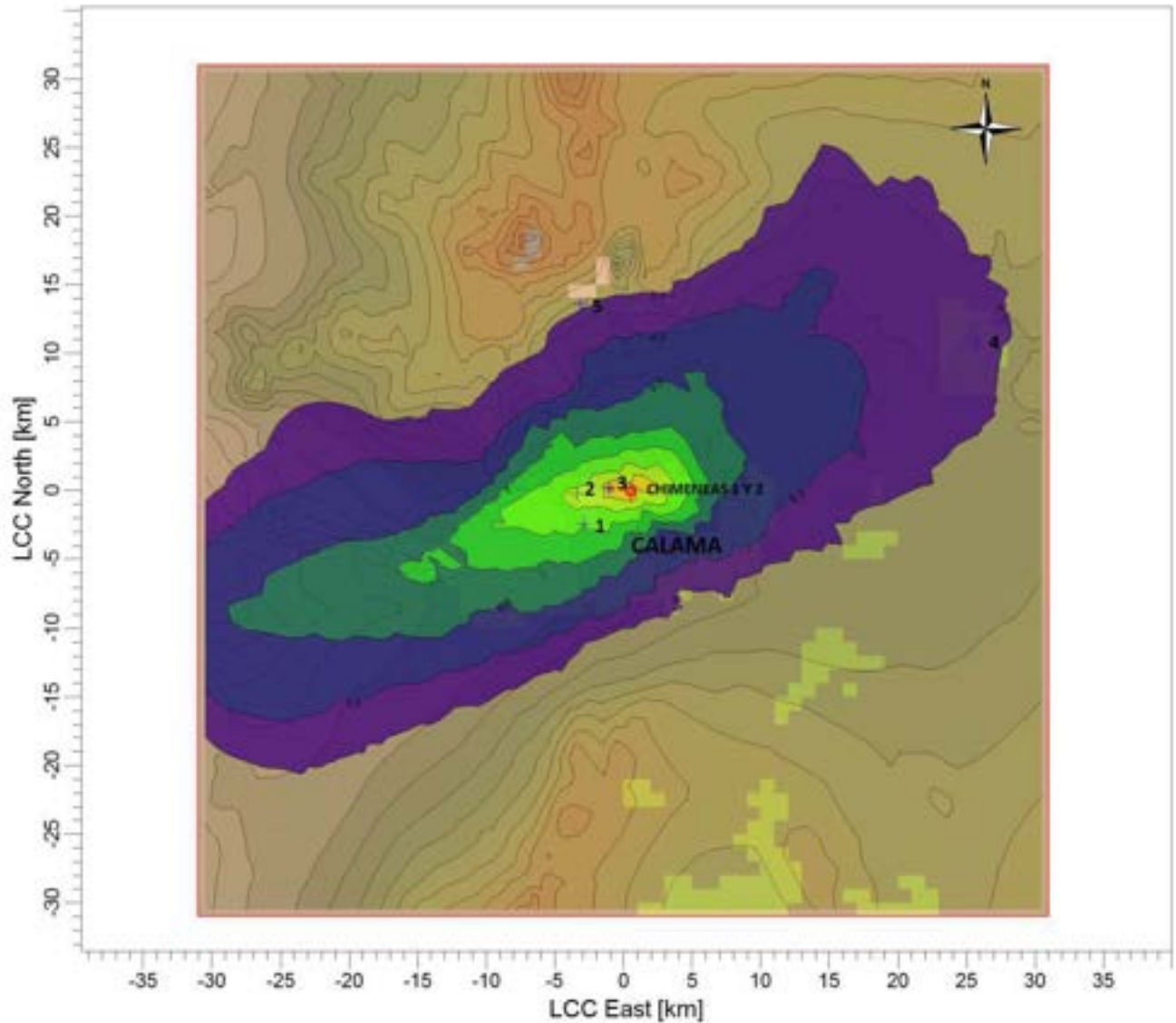
SCALE: 1:500,000

0  10 km

Fecha

08-08-2016

CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN SO2 - CONCENTRACIÓN 24 HORA PERCENTIL 99,7



5 RANK 24 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (SO2)

ug/m**3

Max = 26.2 [ug/m**3] at (X = -1044.00, Y = 179.00)



Receptores

- 1 Estación Centro
- 2 Estación Colegio Pedro Vergara Keller
- 3 Estación Escuela Kamac Mayu
- 4 Chiu Chiu
- 5 Chuquicamata

Compañía

UASVISION

Elaboración

Kisi Cerda

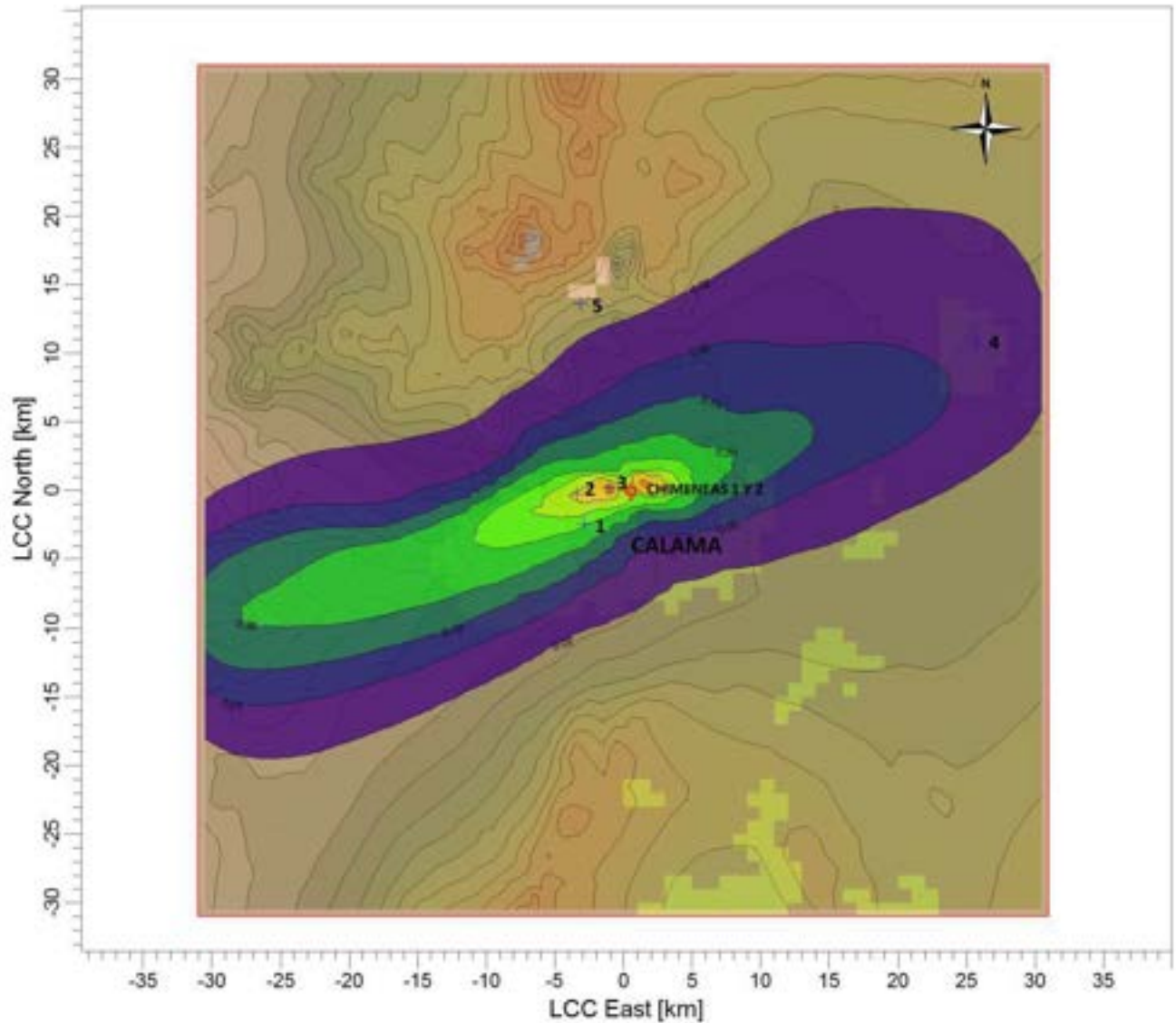
SCALE: 1:500,000



Fecha

08-08-2016

CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN SO2 - CONCENTRACIÓN ANUAL



VALUE 8760 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (SO2)

ug/m**3

Max = 7.95 [ug/m**3] at (X = -1044.00, Y = 179.00)



Receptores

- 1 Estación Centro
- 2 Estación Colegio Pedro Vergara Keller
- 3 Estación Escuela Kamac Mayu
- 4 Chiu Chiu
- 5 Chuquicamata

Compañía

UASVISION

Elaboración

Kisi Cerda

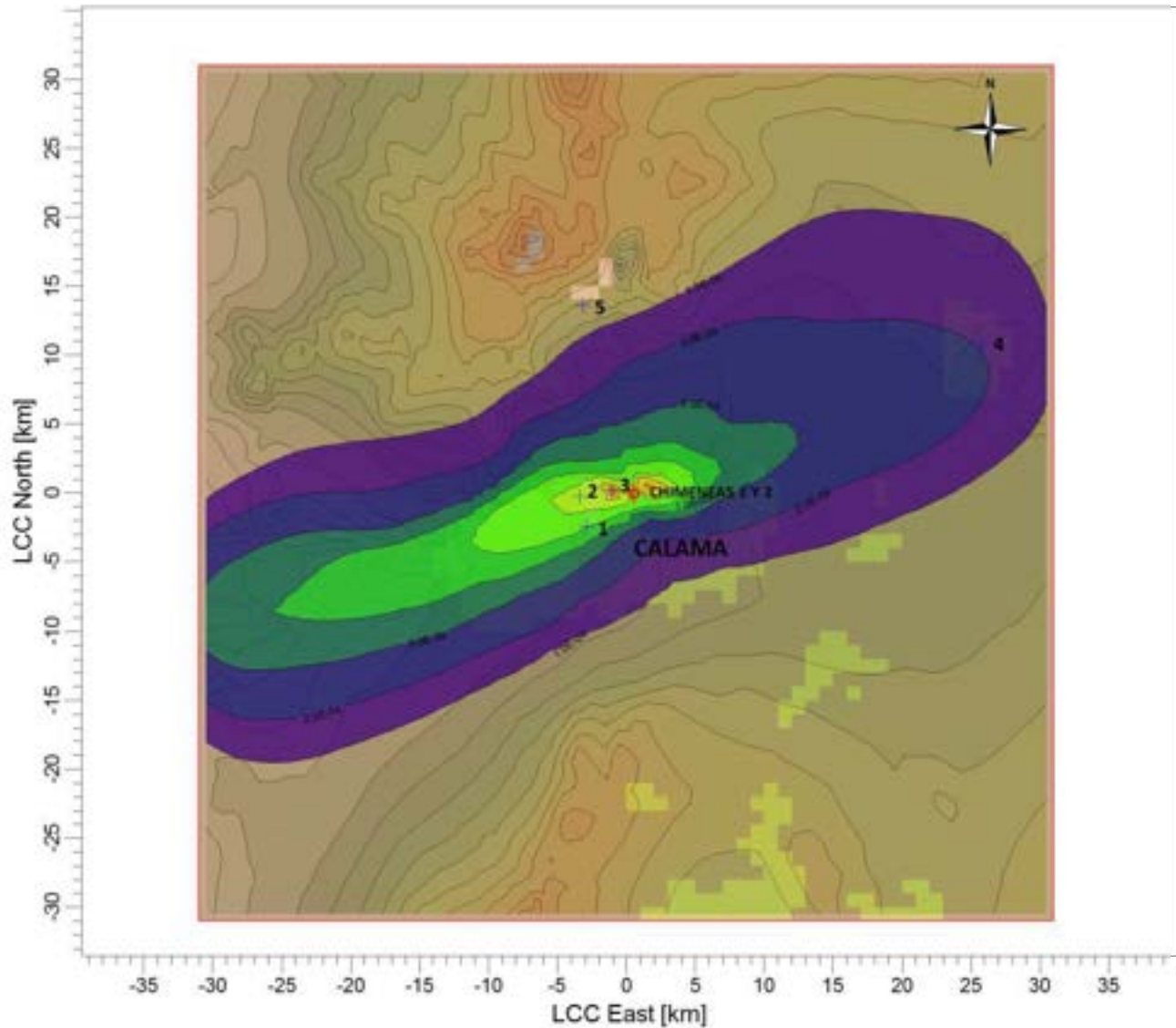
SCALE: 1:500,000

0 10 km

Fecha

08-08-2016

CURVAS DE ISOCONCENTRACIÓN Pb - CONCENTRACIÓN ANUAL



1 RANK 8760 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PB)

ug/m**3

Max = 2.9E-02 [ug/m**3] at (X = -1044.00, Y = 179.00)



Receptores

- 1 Estación Centro
- 2 Estación Colegio Pedro Vergara Keller
- 3 Estación Escuela Kamac Mayu
- 4 Chiu Chiu
- 5 Chuquicamata

Compañía

UASVISION

Elaboración

Kisi Cerda

SCALE: 1:500,000

0 10 km

Fecha

08-08-2016