



Mediciones



Laboratorio



Ingeniería



Diagnóstico



Asesoría

INFORME OFICIAL

**Mediciones de concentración de
contaminantes de acuerdo a
Norma de emisión para
Incineración, Coincineración y
Coprocesamiento D.S.Nº29**

Horno de Clinker
Bío Bío Cementos S.A.
Planta Teno

27 de diciembre de 2021
Inf01E1.M-21-099.DS29



INFORME OFICIAL

01E1M-21-099.DS29

Proyecto : **Mediciones de Concentración de contaminantes de acuerdo a Norma de Emisión para Incineración, Coincineración y Coprocesamiento D.S N°29**

Fuentes : **Horno de Clinker**

Empresa : Bío Bío Cementos S.A.
Planta Teno

Jefe de Proyecto : Fernando Castillo Seguel

Fechas de medición : 23 al 25 de junio de 2021
31 de agosto de 2021

Fecha entrega informe: 27 de diciembre de 2021



Índice:

	<u>Página</u>
1. Antecedentes.....	4
2. Certificados y Acreditaciones	10
3. Metodologías de Medición.....	11
4. Resumen de Resultados.....	13
5. Comentarios.....	14

Anexos:

Anexo A:	Planillas de Cálculo de Mediciones
Anexo B:	Resultados Análisis de Laboratorios Externos
Anexo C:	Acreditaciones Laboratorios Externos
Anexo D:	Resolución Proterm S.A.
Anexo E:	Certificaciones Proterm S.A.
Anexo F:	Declaración Jurada Ausencia Conflictos de Interés
Anexo G:	Planillas de Terreno
Anexo H:	Resultados Calibración Analizador Continuo
Anexo I:	Certificados Gases Patrones
Anexo J:	Registro Medición Continua COT
Anexo K:	Tabla Resumen Mediciones Realizadas
Anexo L:	Datos operacionales



1. ANTECEDENTES:

El objetivo del presente proyecto es cuantificar las emisiones procedentes de la chimenea del Horno de Clinker perteneciente a Bío Bío Cementos S.A. - Planta Teno.

La empresa Bío Bío Cementos S.A. – Planta Teno solicitó expresamente que los análisis realizados correspondan a mediciones de Carácter Oficial, por lo cual se avisó de su realización a la Superintendencia de Medio Ambiente.

Los resultados de estas mediciones serán comparados con el conjunto de contaminantes regulados en la Norma de Emisión para Incineración, Coincineración y Coprocesamiento (D.S. N°029/13), Tabla N°2 correspondientes a los valores límites de emisión para coprocesamiento en Hornos de Cemento y coincineración en Hornos Rotatorios de Cal. Las mediciones corresponden a los siguientes contaminantes:

- Material Particulado (MP)
- Carbono Orgánico Total (COT)
- Metales Pesados (Hg, Cd, Be, Pb, As, Co, Ni, Se, Te, Sb, Cr, Mn y V)
- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Ácido Fluorhídrico (HF)
- Benceno (C₆H₆)
- Dioxinas y Furanos

**1.1. Datos de la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental****Tabla N°1: Información de Laboratorio de Medición**

ETFA - Código ¹	PROTERM S.A.		
Instrumento de Gestión Ambiental	D.S. N°029/13		
Fecha y hora de medición ²	Benceno	23-06-2021	13:44 – 16:10 hrs
	Dioxinas y Furanos	24-06-2021	09:22 – 13:43 hrs
	COT	24-06-2021	12:22 – 16:22 hrs
	Ácidos – MP	25-06-2021	09:16 – 13:29 hrs
	Metales Pesados	31-08-2021	10:00 – 15:32 hrs
Inspector Ambiental ³	Héctor Cortez Mella Luis Fernández Fernández		
Código Inspector Ambiental	17.614.191-3 / 014-01 16.979.985-7 / 014-01		
Operador caja medidora	Jacobo Sepúlveda Sepúlveda		
Operador sonda	Miguel Sánchez Toro Ernesto Veloso Garcia		
Análisis Laboratorio	Claudia Villa Contreras		
Preparó	Ruth Orellana Escares		
Revisó	Freddy Spauldo Bravo		
Aprobó	Fernando Castillo Seguel		
Método(s) utilizados(s) ⁴	CH 1, 2 ,3A, 4, 5, 23, 25-A, 26A, 29 y EPA 0031		
Tipo de fuente	Puntual		

¹ Ver Resolución ETFA Anexo D.² Ver Resumen Mediciones Anexo K.³ Ver Declaraciones Juradas Inspector Ambiental Anexo F.⁴ Los resultados que se entregan en el presente informe corresponden solamente a los ítems aquí señalados.



1.2. Datos de la Fuente

En la siguiente tabla se presentan los datos de identificación de Bío Bío Cementos S.A. Planta Teno y de la fuente medida:

Tabla N°2: Identificación de la Fuente

Propietario/razón Social de fuente	Bío Bío Cementos S.A.
RUT	96.718.010-6
Representante legal	Eduardo Pimentel Müller
Dirección	km 173,6 – Ruta 5 Sur
Comuna	Teno
Teléfono/Fax	75-2207650
Dirección fuente fija	km 173,6 – Ruta 5 Sur
Coordenadas UTM	6140095 m E: 340670 m S
Tipo de equipo muestreado	Horno de Clinker
Nº Registro S.S.	PC 000172-9
Año de fabricación	1997
Modelo	3.75x57 m
Fabricante	FLSmidt
Producción Nominal	2.000 t/d
Sistema de control de emisiones	Precipitador Electrostático
Tipo de combustible	Petcoke + Combustible Alternativo Líquido (C.A.L.)
Sistema de evacuación de gases	Ventilador inducido



1.3. Esquema de la Fuente

En la siguiente figura se muestra un esquema de la fuente medida.

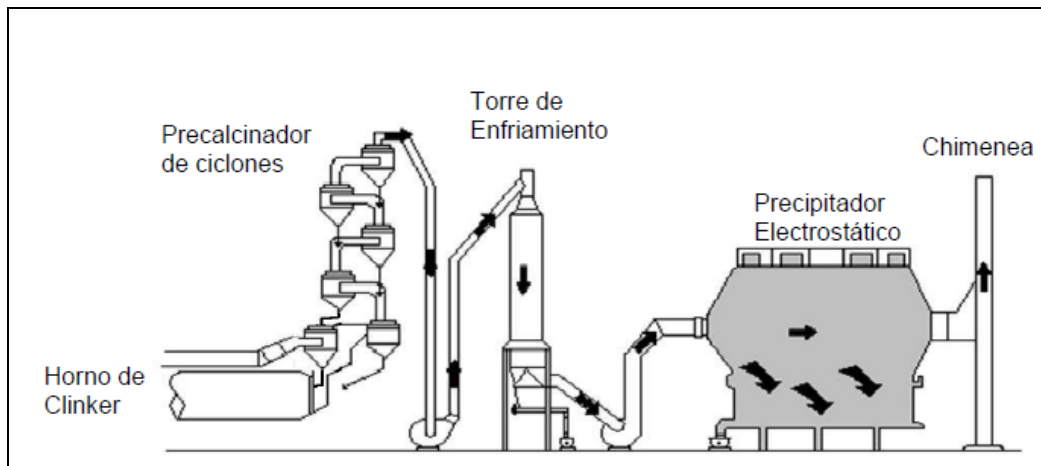


Figura N°1: Esquema de Chimenea Horno de Clinker (Circuito de Gases)

La empresa Bío Bío Cementos S.A., que se ubica en la comuna de Teno, provincia de Curicó, de la VII Región del Maule posee un Horno Rotatorio para la producción de Clinker con una capacidad nominal de 2.000 t/d de Clinker, lo que requiere una alimentación de crudo (materia prima para producir Clinker), de aproximadamente 3.120 t/d, para lograr esta generación se utiliza principalmente Petcoke como combustible.

El Horno es utilizado para calentar el material Crudo hasta una temperatura máxima aproximada de 1.400 °C en la cual se completan las reacciones químicas que originan el Clinker.

Los gases generados por la combustión en los quemadores principal (existente en el tubo del horno) y secundario (existente en el ciclón calcinador) son conducidos al precalentador de ciclones y posteriormente a la Torre de Enfriamiento LYR, proceso en el cual van cediendo calor y reduciendo su temperatura hasta llegar al sistema de control de emisiones de Material Particulado, que corresponde a un Precipitador Electrostático.

El sistema de abatimiento de emisiones de Material Particulado, tipo Precipitador Electrostático permite captar el polvo generado al interior del Horno, evitando ser emitido a la atmósfera a través de la Chimenea de descarga.



1.4. Condiciones de operación de las fuentes

La operación del Horno de Clinker se mantuvo continua y estable durante el periodo de medición.

A continuación, se presentan los principales datos operacionales registrados durante la medición.

Tabla N°3: Datos Operacionales de la Medición⁵

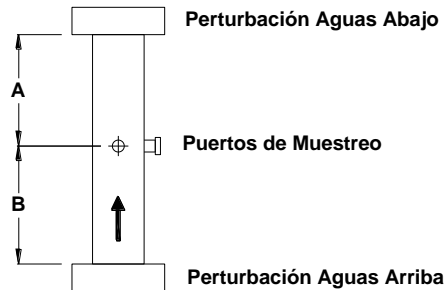
	Datos Operacionales			
Fecha	Producción de Clinker	% Carga	Flujo Petcoke	Flujo de Combustible Alternativo Líquido (C.A.L.)
23-06-2021	1.708 t/d	85%	2,43 t/h	0,72 t/h
24-06-2021	1.863 t/d	93%	2,53 t/h	0,66 t/h
25-06-2021	1.891 t/d	95%	2,87 t/h	0,61 t/h
31-08-2021	1.833 t/d	92%	2,22 t/h	1,10 t/h

⁵ Información entregada por Bío Bío Cementos S.A. Planta Teno



1.5. Ubicación de los Puertos de Muestreo⁶

1.5.1. Esquema básico del ducto



Diámetro interno	:	2,50 metros
Distancia "A"	:	14,4 metros – 54,4 metros
Distancia "B"	:	63,6 metros – 23,6 metros
Largo de Coplas	:	0,30 metros
Matriz Puntos	:	2 puertos x 6 puntos
Posición del ducto	:	Vertical
Singularidad aguas abajo:	:	Expansión por término de la chimenea
Singularidad aguas arriba:	:	Codo por cambio de dirección
Sección ducto	:	Circular

Tabla N°4: Ubicación de los puntos de muestreo

Ubicación de los puntos de muestreo		
Nº puntos	Distancia pared interna centro de boquilla (cm)	Distancia entre boquilla y marca sonda con largo copla (cm)
1	11	41
2	37	67
3	74	104
4	176	206
5	214	244
6	239	269

⁶ La chimenea cuenta con dos puertos para muestreo de Métodos CH-5, 23, 26A, 29 y un puerto distinto para medición de Gases (Ch-25A)



1.5.2. Distribución de puertos de muestreo MP y Gases en sección de Chimenea

A continuación, se presenta una vista superior de la sección transversal de la chimenea en la que se identifican los puertos de muestreo para medición de Material Particulado y puerto de muestreo de medición de Gases.

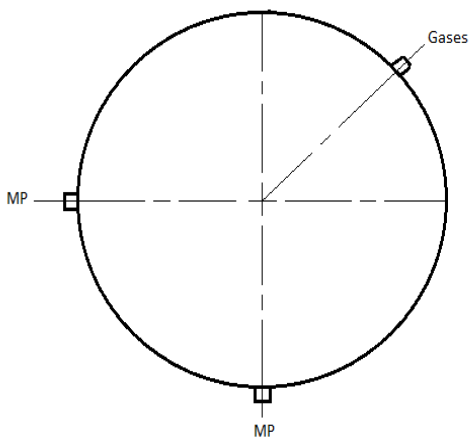


Figura N°2: Vista superior sección chimenea



Puerto de Muestreo MP 1



Puerto de Muestreo MP 2



Puerto de Muestreo Gases

Figura N°3: Fotografías de puertos de muestreo en chimenea



1.6. Medición Simultánea de CH-25A y CH-23

Proterm S.A. utilizó los métodos de medición CH-25A y muestreo CH-23 indicados en el D.S.29 en forma simultánea en la fuente fija Horno de Clinker (24-jun-21), rigiéndose por lo aceptado por la Superintendencia del Medio Ambiente, la que indica en su Ord. N°1382 del 07 de mayo 2019 lo siguiente: *“Se permite la realización de actividades de muestreo y medición de forma simultánea, solo cuando el ducto de evacuación de gases disponga de puertos de toma de muestra, que permitan cumplir con las distancias mínimas requeridas para los respectivos métodos a ser aplicados, evitando una dilución no representativa de la corriente de gas. Por consiguiente, no es posible utilizar los mismos puertos cuando se realizan actividades de muestreo y medición de manera simultánea”.*

La Chimenea de Horno de Clinker cumple con este requisito dictado por la Superintendencia del Medio Ambiente, ya que cuenta con puerto exclusivo para medición de Gases (CH-25A) y 2 puertos distintos para el muestreo de Método isocinético CH-23. Cabe mencionar que en la Res. Ex. N°128 de la Superintendencia del Medio Ambiente se exige una medición continua por un periodo de 4 horas para fuentes distintas a Calderas, por lo que no se abrieron los puertos de medición de COT y permanecieron en todo momento sellados para evitar una dilución de la muestra, hasta el final de todas las mediciones.



2. CERTIFICADOS Y ACREDITACIONES

Proterm S.A. está autorizado para realizar actividades de fiscalización ambiental, según el alcance de la autorización que le ha otorgado la Superintendencia de Medio Ambiente, de acuerdo a lo establecido en el reglamento ETFA (D.S. 38/2013 MMA) y bajo Resolución 39/2020 y código de ETFA 014-01 (ver anexo D).

Además, Proterm S.A. posee acreditación bajo norma ISO 17025:2017 (resolución en anexo D).

Los instrumentos utilizados y exigidos en las mediciones, medidores de gases secos, temperaturas de entrada y salida, tubos pitot, boquillas, temperatura 4º impingers y chimenea se encuentran debidamente calibrados y aprobados por el Instituto de Salud Pública de Chile de acuerdo a las exigencias de la Resolución Exenta 914/2016 de la Superintendencia de Medio Ambiente (certificados en anexo E).

Las muestras de las mediciones, que necesariamente deben enviarse a analizar a laboratorios externos, nacionales e internacionales, se realizan en los siguientes organismos debidamente acreditados para tales efectos:

- SGS North America INC. (E.E.U.U.) para las muestras de resina que contienen Dioxinas y Furanos.
- SGS Chile Ltda. para el análisis de Metales Pesados.
- Maxxam Analytics (Canadá) para las muestras de Benceno.
- Dictuc S.A. - División de Ingeniería Hidráulica y Ambiental para muestras líquidas de análisis de Telurio, Ácido Clorhídrico y Ácido Fluorhídrico⁷.

Los certificados de acreditación correspondientes a estos laboratorios se encuentran en anexo C.

⁷ Para el análisis del método CH—26A no existe ETFA autorizada según registro de SMA. Por lo tanto, Proterm envió las muestras a análisis de HCl a DICTUC de acuerdo a lo indicado en el punto Primero de Res.Ex. N°1024 en la que establece que los análisis pueden ser realizados por una entidad autorizada por el Instituto Nacional de Normalización INN, y para el caso de HF también fueron enviadas al mismo laboratorio según lo establecido en el punto tercero de la Res.Ex. N°986, ya que no existe laboratorio acreditado como ETFA y tampoco ante INN de acuerdo a lo que hemos podido recabar de información.



3. **METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN**

Las metodologías de medición están basadas en Métodos Homologados Oficiales Chilenos y en Métodos Oficiales de la Environmental Protection Agency (E.P.A.) A continuación se detalla una breve descripción de cada uno de los métodos utilizados:

Material Particulado (MP):

Para las mediciones de la emisión de Material Particulado (MP) filtrable se procedió de acuerdo a las indicaciones de la Metodología Homologada Chilena CH-5 la cual consiste en extraer una muestra de gas isocinéticamente a través de una sonda y filtro calefaccionados a 120°C. El material recolectado en el filtro es secado y posteriormente pesado para determinar la cantidad de Material Particulado presente en la corriente de gases. Se realizaron tres corridas de medición en la fuente fija.

Tabla N°5: Identificación equipo MP, Benceno, HF, HCl y Dioxinas ⁸

Marca	Environmental Supply Company
Modelo	C-5100
N° Serie	1693
N° Registro ISP	ISP-MS-15-03
Fecha calibración	19-05-2021

Benceno (C₆H₆):

En la medición del gas Benceno (C₆H₆) se aplicó la Metodología de Referencia EPA 0031. Este método describe el procedimiento de muestreo no isocinético en el cual se capta el Benceno a través de la utilización de Tubos de Resina Tenax y Anasorb 747, realizándose tres corridas de medición de 40 minutos en la fuente fija. Estos tubos son analizados mediante cromatografía en Laboratorio Maxxam Analytics, Canadá (acreditación anexo C).

⁸ Ver certificados de calibración en Anexo E. Certificados Vigentes de acuerdo a Res.Ex. N°1132 de la SMA.

**Ácido Fluorhídrico (HF) y Ácido Clorhídrico (HCl):**

Para la realización de las mediciones de los Ácidos Fluorhídrico y Clorhídrico se utilizó el Método de Referencia CH 26A. Se extrajo una muestra isocinéticamente, la que fue conducida a través de un sistema de lanza y filtro calefaccionados hacia un juego de impinger (impactadores) los que contenían una solución de H_2SO_4 y NaOH para la captación de los Ácidos. Se realizaron corridas de medición de acuerdo a la recomendación de CH 26A. Los análisis fueron realizados en DICTUC S.A (acreditación anexo C).

Dioxinas y Furanos:

Las mediciones de Dioxinas y Furanos se realizaron de acuerdo a las indicaciones de la metodología CH 23. Se extrajeron muestras de gases en forma isocinética a través de una sonda y filtro calefaccionado a $120^{\circ}C$ hacia una trampa de Resina XAD-2 para la captación de los compuestos de Dioxinas y Furanos. Se realizaron tres corridas de medición continuas y una muestra blanca. Estos análisis fueron realizados en Laboratorio SGS North America INC, E.E.U.U. (acreditación en anexo C).

Metales Pesados (M.Pesados):

En el muestreo de los Metales Pesados se aplicó Metodología de Referencia CH N°29. La medición consiste en extraer una muestra de gas isocineticamente a través de una sonda y filtro calefaccionado a $120^{\circ}C$ para captar la fracción sólida y posteriormente se hace burbujear en soluciones de Ácido Nítrico, Peróxido de Hidrógeno, Permanganato de Potasio y Ácido Sulfúrico para la captación de la fracción gaseosa de los Metales Pesados. Se realizaron tres corridas de medición en la fuente fija. Las muestras se enviaron al Laboratorios SGS Chile Ltda. y DICTUC S.A. para su análisis⁹.

Tabla N°6: Identificación equipo MPesados ¹⁰

Marca	Graseby - Nutech
Modelo	2010.00
N° Serie	80944
N° Registro ISP	ISP-MS-15-01
Fecha calibración	30-12-2019

⁹ En el registro de ETFA de la SMA no existe una ETFA autorizada para el análisis de Metales Pesados Telurio y Vanadio en componente AIRE. Proterm S.A. envió las muestras a análisis de estos metales a Laboratorios SGS Chile Ltda. y DICTUC, respectivamente, de acuerdo con lo indicado en el punto Primero de Res.Ex. N°1024, en la que establece que los análisis pueden ser realizados por una entidad autorizada por el Instituto Nacional de Normalización INN.

¹⁰ Ver certificados de calibración en Anexo E. Certificados Vigentes de acuerdo a Res.Ex. N°1132 de la SMA.



Compuestos Orgánicos Totales (COT):

En la medición de los Compuestos Orgánicos Totales se utilizó la Metodología Homologada CH 25-A. Esta medición se realizó mediante un equipo un equipo de ionización de llama FID THERMO, modelo 51i. Se extrajo la muestra de gases a través de un filtro y manguera calefaccionada a 180 °C hacia el analizador FID para su análisis, tomando muestras continuas por lapso de 4 horas en la fuente medida. El método CH-25A de diciembre del año 1998 indica que “inmediatamente después de completar el período del muestreo y a cada hora durante este período, se deben volver a introducir gases de calibración de nivel medio y cero, uno a la vez, en el sistema de medición”. Al realizar estos chequeos intermedios se obtienen períodos de medición de 1 hora cada uno, lo cual no cumple con lo estipulado en el punto 3.2 de la R.E.N°128/2019 de la Superintendencia del Medio Ambiente la que establece que se debe medir durante un período de 4 horas **continuas** para procesos distintos a calderas industriales. Proterm S.A. realizó las mediciones de COT cumpliendo con los requisitos establecidos por la Superintendencia del Medio Ambiente que solicita que las mediciones se ejecuten de forma **continua** cumpliendo con los chequeos de verificación del sistema al inicio y final de la medición, los que se encontraban dentro de los límites de aceptación del método CH-25A.

Oxígeno (O₂):

En la medición de Oxígeno se utilizó la Metodología CH-3A, la que consiste en extraer una muestra desde la chimenea a través de un acondicionador de gases para purgar la humeada y liberarlo de las partículas presentes. Posteriormente, la muestra es conducida hacia los analizadores de gases continuos para determinar su concentración.

Tabla N°7: Identificación equipo Gases

Parámetro	CO ₂ / O ₂	CO	COT
Marca	Horiba		Thermo
Modelo	PG-350		51i
Rango	0 – 25%	0 – 500 ppmv	0 – 110 ppmv
Tecnología de medición	NDIR/ Paramagnético	NDIR	FID
Método de referencia	CH – 3A	CH – 3A	CH-25A



4. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente tabla se presentan los resultados de las mediciones realizadas en chimenea de Horno de Clinker, comparados con los límites de emisiones establecidos en Tabla N°2 de DS 029/13:

Tabla N°8: Comparación de Resultados con Tabla N°2 D.S.N°29/13

	Unidad¹¹	Concentración @10% O₂	Límite Norma DS N°29/13
Material Particulado (MP)	mg/m ³ N	3,98 8,0%	50 100%
Carbono Orgánico Total (COT)	mgC/m ³ N	1,64 8,20%	20 100%
Mercurio (Hg)	mg/m ³ N	0,001 1,00%	0,1 100%
Cadmio (Cd)	mg/m ³ N	N.D. ¹²	0,1 100%
Berilio (Be)	mg/m ³ N	N.D.	0,1 100%
Plomo (Pb)	mg/m ³ N	0,008 0,8%	1 100%
As+Co+Ni+Se+Te	mg/m ³ N	0,0031 0,31%	1 100%
Sb+Cr+Mn+V	mg/m ³ N	0,02 0,40%	5 100%
Ácido Clorhídrico	mg/m ³ N	N.D.	20 100%
Ácido Fluorhídrico	mg/m ³ N	N.D.	2 100%
Benceno	mg/m ³ N	0,11 2,20%	5 100%
Dioxinas y Furanos	ng/m ³ N	0,01 5,0%	0,2 100%

¹¹ N: Condición Normalizada a 25°C y 101 kPa.

¹² N.D.: No detectado



5. **COMENTARIOS:**

Con respecto a los resultados:

- a) La medición de Material Particulado arrojó una concentración promedio de 3,98 mg/m³N. Este valor fue corregido al 10% de oxígeno y llevado a condición normalizada de 25 °C y 101 kPa. Este resultado es inferior al límite de emisión de 50 mg/m³N, estipulado en el DS N°029/13.
- b) La medición de Carbono Orgánico Total (COT) arrojó una concentración promedio de 1,64 mgC/m³N. Este valor fue corregido al 10% de oxígeno y llevado a condición normalizada de 25 °C y 101 kPa. Este resultado es inferior al límite máximo de 20 mgC/m³N indicado en el DS N°029/13.
- c) La medición de Mercurio (Hg) arrojó una concentración promedio de 0,001 mg/m³N@10%O₂, este valor es inferior al límite de emisión de 0,1 mg/m³N indicado en el DS N°029/13.
- d) La medición de Metales Pesados no detectó la presencia de Berilio (Be) y Cadmio (Cd)
- e) La medición de Plomo (Pb) obtuvo una concentración de 0,008 mg/m³N@10%O₂, este valor es inferior al límite de emisión de 1 mg/m³N indicado en el DS N°029/13
- f) La medición de Metales Pesados Arsénico (As), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Selenio (Se) y Telurio (Te) arrojó una concentración total de 0,0031 mg/m³N@10%O₂, este valor es menor al límite máximo de 1,0 mg/m³N indicado en el DS N°029/13.
- g) La medición de metales pesados Antimonio (Sb), Cromo (Cr), Manganeseo (Mn) y Vanadio (V) arrojó un valor total de 0,02 mg/m³N@10%O₂, este valor es inferior al límite de emisión de 5 mg/m³N indicado en el DS N°029/13.
- h) La medición de Ácido Fluorhídrico y Ácido Clorhídrico no detectó la presencia de estos compuestos.
- i) En la medición de Benceno se detectó una concentración promedio de 0,11 mg/m³N corregido al 10% de Oxígeno. Este valor es inferior al límite emisión de 5 mg/m³N indicado en la norma.



- j) La medición de Dioxinas y Furanos indicó una concentración promedio de 0,01 ng/m³N corregido al 10% de Oxígeno. Este valor corresponde al 5,0 % del límite máximo de 0,2 ng/m³N indicado en el DS N°029/13.

Con respecto al informe:

- El contenido del presente informe fue realizado considerando los criterios establecidos en los respectivos métodos de referencia y según los criterios establecidos por la Superintendencia del Medio Ambiente en la Resolución Exenta N°128 del 28 de enero de 2019. Sin embargo, la Superintendencia del Medio Ambiente tiene la facultad de solicitar mayor información que no se encuentra detallada en dicha Resolución para complementar este informe de resultados.
- En conclusión, con las mediciones realizadas desde el 23 al 25 de junio y 31 de agosto de 2021 en chimenea del Horno de Clinker perteneciente a Bío Bío Cementos S.A – Planta Teno se da cumplimiento a lo estipulado en la Norma de Emisión para Incineración y Coincineración (D.S. N°029/13), tabla N°2, para coprocesamiento en Hornos de Cemento y coincineración en Hornos Rotatorios de Cal.

Mauricio Mera Araya
Ingeniero Civil Mecánico
Gerente Mediciones
Proterm S.A.

Fernando Castillo Seguel
Ingeniero (E) Mecánico
Jefe de Proyectos
Proterm S.A.