

INFORME OFICIAL

Informe de Resultados de los Ensayos de Validación (IREV) de CEMS-MP y CO

Chimenea 2A
CMP S.A.
Planta de Pellets
Huasco

22 de febrero de 2024
IREV01E2.M-23-206



INFORME OFICIAL

IREV01E2.M-23-206

Proyecto : **Informe de Resultados de los Ensayos de Validación (IREV) de CEMS-MP y CO**

Fuente : Chimenea 2A

Empresa : CMP S.A.
Planta de Pellets - Huasco

Jefe de Proyecto : Fernando Castillo Seguel

Fecha ensayos : 16 al 21 de diciembre de 2023
04 al 11 de enero de 2024

Fecha entrega Informe : 22 de febrero de 2024



ÍNDICE

1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE LA FUENTE	12
2.	CÁLCULOS Y RESULTADOS DE DESVIACIÓN DE CALIBRACIÓN.....	13
2.1.	Valores de Referencia	13
2.2.	Registro de Datos Durante el Ensayo de Desviación de	14
	Calibración	14
2.3.	Resumen de Registro de Mediciones	14
2.4.	Resumen de Resultados	15
2.5.	Gráficos de Resultados	16
3.	CÁLCULOS Y RESULTADOS DE TIEMPOS DE RESPUESTA	17
3.1.	Procedimientos y resultados.....	17
3.2.	Respuestas gráficas de los Analizadores CEMS.....	18
4.	CÁLCULOS Y RESULTADOS DE VERIFICACIÓN DE EXACTITUD	19
	RELATIVA	19
4.1.	Valores de Referencia	19
4.2.	Ensayo de exactitud relativa CEMS.....	20
4.2.1.	Resumen de Registro de Mediciones	20
4.3.	Límites de aprobación ensayo de Exactitud Relativa	23
4.4.	Gráficos de resultados.....	24
5.	CÁLCULOS Y RESULTADOS DE ENSAYO MARGEN DE ERROR	25
5.1.	Valores de Referencia	25
5.2.	Resumen de Registro de Mediciones	25
5.3.	Resumen de Resultados	26
5.4.	Gráficos de resultados.....	27
6.	CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CORRELACIÓN	28
6.1.	Valores de Referencia	28
6.2.	Resumen de Registro de Mediciones	29
6.3.	Resumen de Resultados	30
6.4.	Gráfico de Resultados	31
7.	COEFICIENTES DE CORRELACIÓN, INTERVALO DE CONFIANZA E	
	INTERVALO DE TOLERANCIA	32
8.	CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA FUENTE Y PLANOS DE	
	UBICACIÓN DE LOS CEMS	34
8.1.	Condiciones operaciones	34
8.2.	Ubicaciones de Caseta CEMS.....	34
8.3.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	35
9.	CONCLUSIONES.....	36



ANEXOS

Anexo 1: Planillas Terreno MPT

Anexo 2: Calibración Gases Continuos

Anexo 3: Planillas Terreno CEMS

Anexo 4: Análisis Resultados Método de Referencia MP

Anexo 5: Certificados de gases patrones y valores de referencia

Anexo 6: Certificados de calibración de equipos e instrumentos

Anexo 7: Certificación Proterm S.A.

Anexo 8: Fecha Ejecución Ensayos

Anexo 9: Declaraciones de Ausencia de Conflicto de Intereses



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de desviación diaria de CO.....	16
Figura 2: Tiempos de respuesta de CO	18
Figura 3: Corridas de Exactitud Relativa de CO.....	24
Figura 4: Margen de Error – CEMS MP.	27
Figura 5: Gráfico de resultados de corridas para correlación.....	31
Figura 6: Gráfico de curva de regresión.....	33
Figura 7: Ubicación de caseta CEMS en planta.....	34
Figura 8: Esquema de chimenea y puertos de muestreo.....	35



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de Ensayos de Validación del CEMS	8
Tabla 2. Equipos CEMS sometidos a proceso de validación.	9
Tabla 3: Identificación de la Fuente	10
Tabla 4: Antecedentes ETFA e Inspector Ambiental.....	11
Tabla 5: Valores de Referencia para Desviación de Calibración.	13
Tabla 6: Registros de la inyección de Gas SPAN y CERO CEMS CO.....	14
Tabla 7: Resumen de mediciones del ensayo de DC Gases CO.....	14
Tabla 8: Resumen de resultados DC de CO.....	15
Tabla 9: Límites de Aprobación de Desviación de la Calibración.....	15
Tabla 10: Tiempos de Respuesta de Analizador CEMS y Método de Referencia. ...	17
Tabla 11: Analizadores Continuos Proterm S.A.	19
Tabla 12: Resumen de Mediciones de Exactitud Relativa de Gases (CO).	20
Tabla 13: Corridas válidas para cálculo de Exactitud Relativa de CO	21
Tabla 14: Resumen de Resultados de Exactitud Relativa.....	22
Tabla 15: Límites de Aprobación de Exactitud Relativa.	23
Tabla 16: Valores de referencia Margen de Error.	25
Tabla 17: Resumen de mediciones de Margen de Error.....	25
Tabla 18: Resumen de Resultados de Margen de Error.	26
Tabla 19: Resumen de mediciones del Ensayo de Correlación.....	29



Tabla 20: Corridas seleccionadas para Ensayo de Correlación.....	30
Tabla 21: Valores de evaluación de las correlaciones.	32
Tabla 22: Ubicación de los puntos de muestreo	35



RESUMEN EJECUTIVO

La empresa CMP S.A. - Planta Pellets de la comuna de Huasco ha implementado un Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) en la Chimenea 2A de acuerdo a las indicaciones descritas en la Resolución Exenta N°1743/2019 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), que aprueba “PROTOCOLO PARA VALIDACIÓN, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES (CEMS)” (en adelante Protocolo) de la Superintendencia del Medio Ambiente. Para cumplir con lo anterior, CMP S.A. solicitó a Proterm S.A. la realización de los ensayos de Revalidación del CEMS de MP por cambio en el analizador y ensayos de Validación Inicial del parámetro Gases CO.

Estos CEMS están instalados para dar cumplimiento a los límites de emisiones establecidos en la RCA 215-2010, RCA 104/2018 y Plan de Prevención de Contaminación Atmosférica para la localidad de Huasco y su zona circundante PPDA N°38/2016.

Los ensayos fueron realizados desde el 16 al 21 de diciembre 2023 y de 04 a 11 de enero de 2024 para los parámetros MP y CO.

En la Tabla 1 se presenta un resumen del resultado final obtenido en cada uno de estos ensayos:

Tabla 1: Resultados de Ensayos de Validación del CEMS

ENSAYOS	ANALIZADORES	
	GASES	MP
	CO	
Desviación de Calibración (DC)	Aprobado	—
Tiempo de Respuesta (TR)	Aprobado	—
Exactitud Relativa (ER)	Aprobado	—
Margen de Error (ME)	—	Aprobado
Curva de Correlación (CC)	—	Aprobado



A continuación, se presenta una descripción de los equipos que conforman el sistema CEMS sometido a las pruebas de validación:

Tabla 2. Equipos CEMS sometidos a proceso de validación.

Componente		Marca	Modelo	Nº Serie		Rango ¹	Principio operación
Sonda		M&C	SP2000-HC	25073/2087389		0-180 °C	-
Acondicionador Muestra		M&C	EC-L	17060159/2087389-30		2-7 °C	-
Equipo	CO	ABB	AO2020	Analizador	3.417796.1	0- 250 ppm	NDIR
				URAS26	3417798.1		
	Material Particulado	SICK	FWE 200-DH	MCU	23358759	0 – 500 S.L.	Scattered Light
				DHSP200	23358743		
Sistema DAHS		INERCO	INERCO	-		-	-

¹ Rangos finales seleccionados para los CEMS.



A continuación, se presentan los datos de identificación de CMP S.A. – Planta Pellets – Huasco y de la fuente medida:

Tabla 3: Identificación de la Fuente

Propietario/razón Social de fuente	Compañía Minera del Pacífico S.A.
RUT	94.638.000-8
Representante legal	John Patrick McNab Martin
Dirección	Pedro Pablo Muñoz N° 675
Comuna	La Serena
Teléfono	51-2665857 // 51-2665800
Coordenadas UTM	N 6.847.415 E279.904 (WGS 84 Huso 19J)
Tipo de equipo muestreado	Horno Pellets
Año de fabricación	1977
Modelo	Grate – Kiln – Cooler Pelletizing Plant
Fabricante	Allis Chalmers
Producción nominal	512,5 t/h
Sistema de control de emisiones	FGD-PEE
Tipo de combustible	Carbón Bituminoso
Sistema de evacuación de gases	Tiro Inducido



En la siguiente tabla se presenta información de la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) y de Inspector Ambiental responsable de la medición.

Tabla 4: Antecedentes ETFA e Inspector Ambiental.

ETFA	PROTERM S.A.
Representante Legal	Christine Ward Pérez-Canto
Código ETFA	014-01
Inspector Ambiental	David Aranda Oyarce
Código Inspector Ambiental	16.120.703-9
Preparó	Katherine Arias Seguel
Revisó	Daniela Segura Alarcón
Aprobó	Fernando Castillo Seguel
Equipo de Medición	MP ESC C - 5102 – DSDL Gases Horiba PG 350P
N° Registro ISP ²	MP ISP – MS – 15-08
Fecha última calibración	18 de octubre de 2022
N° corridas	Gases: 12 Material Particulado: 20
Método(s) utilizados(s) ³	CH-1, 2, 3A, 4 y EPA 5B
Tipo de fuente	Puntual

De acuerdo a los resultados obtenidos e indicados en este informe, los analizadores CEMS de Monóxido de Carbono y Material Particulado instalados en la Chimenea 2A, cumplen satisfactoriamente con todos los ensayos requeridos para su validación.

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

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

² Ver certificados en Anexo 6.

³ Los resultados que se entregan en el presente informe, corresponden solamente a los ítems aquí señalados.



1. **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE LA FUENTE**

La Planta de Pellets de Huasco está localizada a 5 kilómetros del puerto de Huasco y a 700 kilómetros al norte de Santiago.

El mineral alimentado al proceso proviene desde Minas Los Colorados, donde es sometido a diversas etapas de chancado y concentración magnética seca, obteniéndose el producto denominado Preconcentrado. Este es transportado en ferrocarril hasta la Planta de Pellets, donde es almacenado y homogenizado en las canchas de recepción. Desde aquí, son enviados de manera selectiva a los procesos de Molienda, Concentración Magnética y Pelletización con el propósito de reducir las partículas a una granulometría apta para eliminar impurezas y obtener una superficie específica adecuada para la Pelletización.

El concentrado magnético es filtrado y posteriormente pelletizado en discos, mezclado con aditivos que actúan como aglomerantes en el proceso de pelletización y escorificante en la etapa posterior de Endurecimiento Térmico.

El tratamiento térmico de los Pellets Verdes, que han sido clasificados a un tamaño adecuado, comienza en una parrilla recta compuesta de cuatro zonas, donde son secados y precalentados para ser almacenados en el Horno Rotatorio que utiliza como combustible carbón mineral y son sometidos a temperaturas de 1.300C° , que le confieren las características finales de resistencia, propiedades químicas y físico-metalúrgicas necesarias para su uso en los Altos Hornos, proceso Corex o módulos de reducción directa.

Para dar cumplimiento a los límites de emisiones establecidos en la RCA 215-2010 y en el DS N°38-2016, la unidad del foco Chimenea FGD PEE (2A) cuenta con un sistema de abatimiento para partículas del tipo Precipitador Electroestático (PEE) y un Desulfurizador (FGD) para mitigar las emisiones de Dióxido de Azufre.



2. CÁLCULOS Y RESULTADOS DE DESVIACIÓN DE CALIBRACIÓN

2.1. Valores de Referencia

Para la realización de los ensayos de Desviación de Calibración del parámetro CO se utilizaron cilindros EPA-Protocol, de acuerdo con las concentraciones y descripciones indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 5: Valores de Referencia para Desviación de Calibración.

CEMS		Nivel Cero	Botella Utilizada	Nivel Alto	Botella Utilizada
Gases	CO	0 ppm	EB0162694	227,3 ppm	CC757555

Los certificados de preparación y análisis de la botella utilizada se encuentran en el anexo 5.

Los valores de referencia para el parámetro flujo corresponden a una señal electrónica generada internamente por el equipo.



2.2. Registro de Datos Durante el Ensayo de Desviación de Calibración⁴

En las siguientes tablas se detallan los tiempos en que se realizaron las inyecciones del gas de referencia y los valores almacenados en el registrador de datos para el CEMS Gases.

Tabla 6: Registros de la inyección de Gas SPAN y CERO CEMS CO.

Inyección de CO					
Día	Fecha	Hora		Respuesta CEMS	
		Inicio	Fin	Cero CO [ppm]	Span CO [ppm]
1	08-12-2023	7:45	7:59	0,05	227,3
2	09-12-2023	7:45	7:59	0,03	227,3
3	10-12-2023	7:45	7:59	0,03	227,3
4	11-12-2023	7:45	7:59	0,03	227,3
5	12-12-2023	7:45	7:59	0,22	227,5
6	13-12-2023	7:45	7:59	0,32	222,3
7	14-12-2023	7:45	7:59	0,26	222,9

2.3. Resumen de Registro de Mediciones

En las siguientes tablas se presentan los valores obtenidos en las mediciones realizadas durante el ensayo de Desviación de Calibración al CEMS de gases durante los 7 días de ensayo.

Tabla 7: Resumen de mediciones del ensayo de DC Gases CO

Día		CO [ppm]	
		Cero	Span
1	08-12-2023	0,05	227,3
2	09-12-2023	0,03	227,3
3	10-12-2023	0,03	227,3
4	11-12-2023	0,03	227,3
5	12-12-2023	0,22	227,5
6	13-12-2023	0,32	222,3
7	14-12-2023	0,26	222,9

⁴ Ver planillas de terreno en Anexo 3



2.4. Resumen de Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al calcular la desviación de la calibración de las mediciones diarias realizadas para el CEMS de CO.

Tabla 8: Resumen de resultados DC de CO.

Día	CO [%]	
	Cero	Span
1	0,02	0,01
2	0,01	0,00
3	0,01	0,01
4	0,01	0,01
5	0,09	0,06
6	0,13	1,99
7	0,11	1,78

Para el cálculo de la Desviación de Calibración del CEMS para CO se utilizó la ecuación N°1 del "Protocolo". Los cálculos se encuentran en archivo Excel adjunto.

Considerando los criterios de cálculos para DC indicados en párrafo anterior se presenta Tabla 9 con los valores límites utilizados para la aprobación:

Tabla 9: Límites de Aprobación de Desviación de la Calibración.

Parámetro	Valor Límite
CO	± 5,0% de CO

Con los resultados anteriormente descritos en Tabla 8 comparados con los valores límites indicados en Tabla 9, se procede a aprobar los ensayos de Desviación de Calibración a analizador de gases CO marca ABB, Modelo AO2020, N° de Serie Analizador 3.417796.1, URAS26 4317798.1.



2.5. Gráficos de Resultados

A continuación, se presentan los resultados de Desviación de Calibración para Cero y Span en forma gráfica para el parámetro CO:

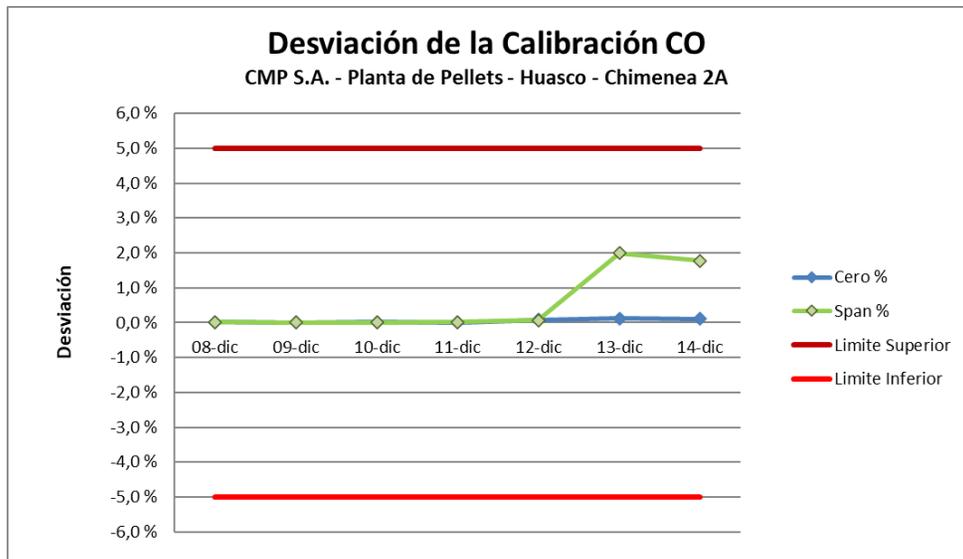


Figura 1: Gráfico de desviación diaria de CO.



3. CÁLCULOS Y RESULTADOS DE TIEMPOS DE RESPUESTA

3.1. Procedimientos y resultados

Para determinar el tiempo de respuesta de CO, se utilizaron los valores de referencia utilizados en chequeo diario del ensayo de desviación de calibración, antes de la Exactitud Relativa. Estos ensayos fueron realizados durante operación continua y a una Producción de Pellets mayor al 50% de la producción nominal. Los registros de Producción de Pellets se encuentran incluidos en cada uno de los ensayos.

Se determinó el tiempo de respuesta ascendente y descendente como el instante en que se alcanza un 95% del salto abrupto desde la inyección del gas.

Los resultados de los tiempos de respuesta, considerando el valor más alto del analizador, se muestran a continuación:

Tabla 10: Tiempos de Respuesta de Analizador CEMS y Método de Referencia.

Tiempos de Respuesta		
Parámetro	CEMS Gases [hh:mm]	Método Referencia [hh:mm]
CO	00:03	00:06



3.2. Respuestas gráficas de los Analizadores CEMS

A continuación se muestran los gráficos con las tendencias de respuesta del analizador de gases CO.

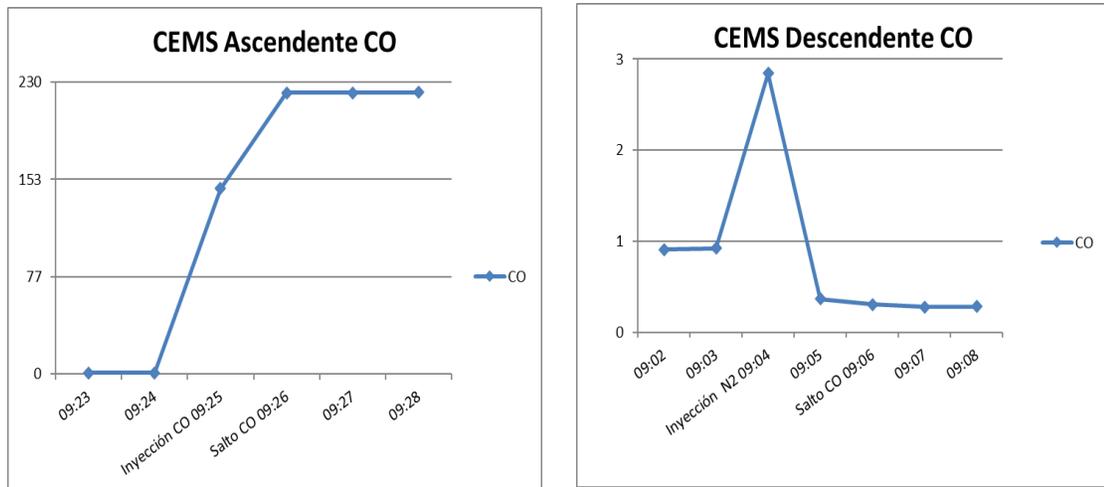


Figura 2: Tiempos de respuesta de CO



4. CÁLCULOS Y RESULTADOS DE VERIFICACIÓN DE EXACTITUD RELATIVA

4.1. Valores de Referencia

Para la realización de ensayos de Exactitud Relativa (ER), Proterm S.A utilizó los equipos descritos a continuación:

Tabla 11: Analizadores Continuos Proterm S.A.

Medición de Gases de Combustión	
Parámetro	CO
Marca	HORIBA
Modelo	PG 350P
Rangos	0 – 250 ppm
Tecnología de Medición	NDIR
Método Referencia	CH-3A

Las calibraciones previas a los muestreos y las calibraciones para validación de las corridas se encuentran en Anexo 2.



4.2. Ensayo de exactitud relativa CEMS

4.2.1. Resumen de Registro de Mediciones

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones realizadas tanto por los métodos de referencia como los entregados por el analizador CEMS de CO durante el ensayo de Exactitud Relativa (ER). Estos ensayos fueron ejecutados en los analizadores CEMS de gases mientras la Planta mantuvo una Producción de Pellets mayor al 50% de la producción nominal. Los registros de la Producción se encuentran incluidos en los archivos de cada uno de los ensayos.

Tabla 12: Resumen de Mediciones de Exactitud Relativa de Gases (CO).

Nº	Fecha	Hora		CO [ppm]	
		Inicio	Fin	MR (ppm)	CEMS (ppm)
1	20-12-2023	11:02	11:22	3,438	1,098
2	20-12-2023	11:23	11:43	1,498	1,098
3	20-12-2023	11:44	12:04	1,124	1,114
4	20-12-2023	12:05	12:25	0,972	1,010
5	20-12-2023	12:26	12:46	1,042	0,967
6	20-12-2023	12:47	13:07	1,023	0,935
7	20-12-2023	13:08	13:28	1,140	0,982
8	20-12-2023	13:29	13:49	1,176	1,041
9	20-12-2023	13:50	14:10	1,117	0,985
10	20-12-2023	14:11	14:31	0,990	1,004
11	20-12-2023	14:32	14:52	0,812	0,956
12	20-12-2023	14:53	15:13	0,860	0,884

En los registros de las tablas de resumen anteriores, se consideraron los tiempos de respuesta de cada analizador CEMS y de los del Método de Referencia. Los cálculos de tiempos de respuesta y la correlación de los datos se encuentran en planilla de cálculo adjunta.



En la siguiente tabla se indican las corridas utilizadas para el cálculo de Exactitud Relativa de CO en el CEMS de la Chimenea 2A.

Tabla 13: Corridas válidas para cálculo de Exactitud Relativa de CO

RESULTADOS CÁLCULO “ER” DE CO				
Corrida N°	Promedio MR [ppm base seca]	Promedio CEMS (ppm base seca)	Diferencia MR-CEMS (di) [%]	Diferencia ² (di ²)
3	1,124	1,114	0,009	0,000
4	0,972	1,010	-0,039	0,001
5	1,042	0,967	0,074	0,006
6	1,023	0,935	0,089	0,008
8	1,176	1,041	0,135	0,018
9	1,117	0,985	0,132	0,018
10	0,990	1,004	-0,014	0,000
11	0,812	0,956	-0,143	0,021
12	0,860	0,884	-0,023	0,001
Promedio	1,013	0,988	0,025	0,008
Desviación Estándar:				0,091
Nivel de Confianza eval:				2,306
Coeficiente de Confidencia:				0,070
Exactitud Relativa				9,345
Límite de referencia				±10 %



4.2.2. Resumen de Resultados de Gases

En la siguiente tabla se indican los resultados obtenidos al procesar las corridas seleccionadas para el cálculo de la Exactitud Relativa del monóxido de carbono (CO). Para el cálculo se utilizó la ecuación N°5 del Protocolo de Validación y se encuentran en planilla adjunta.

Tabla 14: Resumen de Resultados de Exactitud Relativa.

CEMS	CO [ppm]
Corridas Descartadas	1-2-7
Promedio MR	1,013
\bar{d}	0,025
Sd	0,091
CC	0,070
ER	9,345

Las corridas descartadas para cada uno de los parámetros corresponden a las que presentan mayor diferencia absoluta entre resultados de mediciones del método de referencia y los obtenidos por el CEMS, permitiendo de esta forma mejorar el cálculo de Exactitud Relativa.



4.3. Límites de aprobación ensayo de Exactitud Relativa

Los límites de aprobación se muestran en la Tabla N°15, y se basan en los dispuesto en el punto 5.4 del “Protocolo”.

Tabla 15: Límites de Aprobación de Exactitud Relativa.

Parámetro	Valor Limite
CO	$\leq 10 \%$

Para el cálculo de la Exactitud Relativa del CEMS de CO se utilizó el Método de Referencia en la ecuación N°5.

Con los resultados presentados anteriormente, se procede a aprobar los ensayos de Exactitud Relativa del analizador de gases CO marca ABB, Modelo AO2020, N° de Serie Analizador 3.417796.1, URAS26 4317798.1.



4.4. Gráficos de resultados

A continuación, se presentan el gráfico comparando los resultados del Método de Referencia con las lecturas del CEMS de planta. En este, se indica con un asterisco (*) las corridas que no se utilizaron para el cálculo de la Exactitud Relativa.

4.4.1. CEMS de Gases

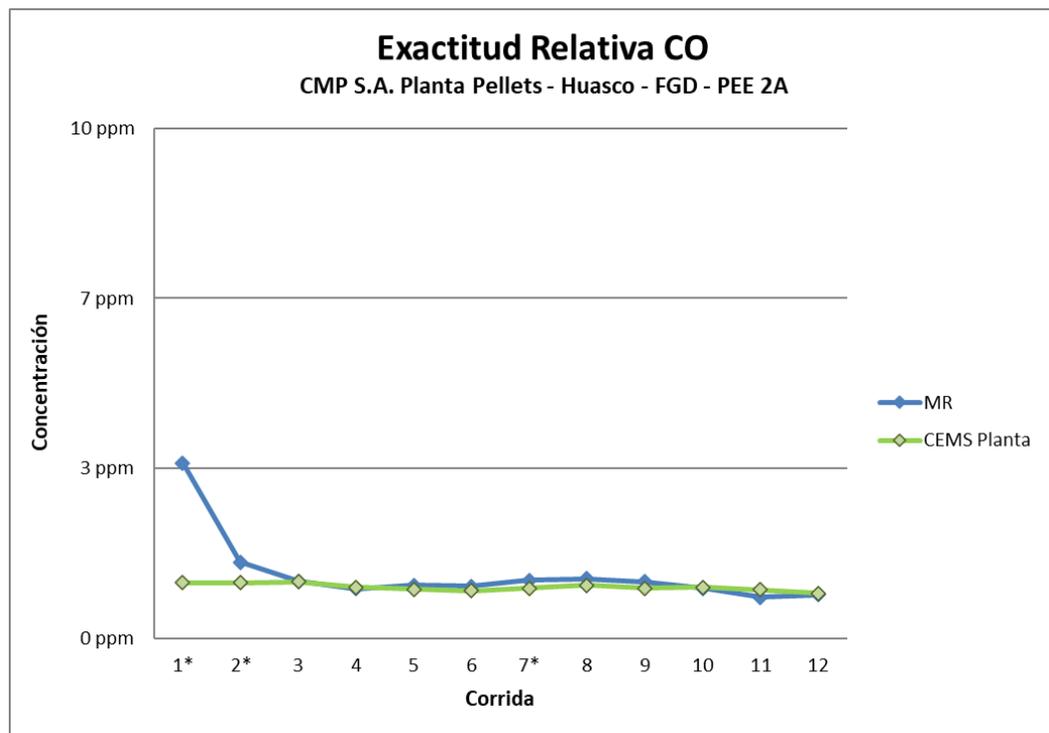


Figura 3: Corridas de Exactitud Relativa de CO



5. CÁLCULOS Y RESULTADOS DE ENSAYO MARGEN DE ERROR

5.1. Valores de Referencia

Las señales de referencia utilizadas en esta prueba corresponden a señales electrónicas de 0,0 S.L. del rango de respuesta para Cero y de 350 S.L. (70%) del rango de respuesta para Span.

Según lo descrito en el Tabla N°2 de este informe, el equipo se encuentra ajustado a un rango de medición de 0 a 500 S.L., con lo cual los valores de referencia utilizados para el ensayo de Margen de Error en concentración corresponden a los siguientes:

Tabla 16: Valores de referencia Margen de Error.

Nivel	Valor referencia
Cero	0 S.L.
Span	350 S.L.

5.2. Resumen de Registro de Mediciones ⁵

A continuación, se presentan los valores obtenidos de los registros de chequeos diarios realizados al CEMS MP Marca MP SICK Modelo FWE 200-DH N° de Serie MCU 23358759; DHSP200 23358743.

Tabla 17: Resumen de mediciones de Margen de Error.

Día	Fecha	Señal de Respuesta		
		Hora	Cero	Span
1	08-12-2023	07:49 - 07:54	1,21 S.L.	349,97 S.L.
2	09-12-2023	07:49 - 07:54	1,51 S.L.	353,86 S.L.
3	10-12-2023	07:49 - 07:54	1,76 S.L.	352,03 S.L.
4	11-12-2023	07:49 - 07:54	1,90 S.L.	353,31 S.L.
5	12-12-2023	07:49 - 07:54	1,69 S.L.	354,04 S.L.
6	13-12-2023	07:49 - 07:54	1,75 S.L.	353,32 S.L.
7	14-12-2023	07:49 - 07:54	0,95 S.L.	351,27 S.L.

⁵ Ver planillas de terreno en Anexo 3



5.3. Resumen de Resultados

La siguiente tabla presenta los resultados diarios de Margen de Error obtenidos al procesar las mediciones diarias. Para el cálculo de este ensayo se utilizaron las ecuaciones 8 y 9 del Protocolo de Validación. El detalle del cálculo se encuentra en archivo Excel adjunto.

Tabla 18: Resumen de Resultados de Margen de Error.

Día	Fecha	Margen de Error de CEMS MP a Señal escala inferior [%]	Margen de Error de CEMS MP a Señal escala superior [%]
1	08-12-2023	0,35	0,01
2	09-12-2023	0,43	1,10
3	10-12-2023	0,50	0,58
4	11-12-2023	0,54	0,94
5	12-12-2023	0,48	1,15
6	13-12-2023	0,50	0,95
7	14-12-2023	0,27	0,36

Según indicación del Protocolo de Validación, el límite de desviación diaria máxima corresponde a 2% del estándar de referencia de escala superior (R_u).

Con los resultados anteriormente descritos, se procede a aprobar los ensayos de Margen de Error al CEMS MP Marca MP SICK Modelo FWE 200-DH N° de Serie MCU 23358759; DHSP200 23358743.



5.4. Gráficos de resultados

A continuación, se presenta la gráfica de las desviaciones diarias observadas en el ensayo de Margen de Error del CEMS MP para Cero y Span.

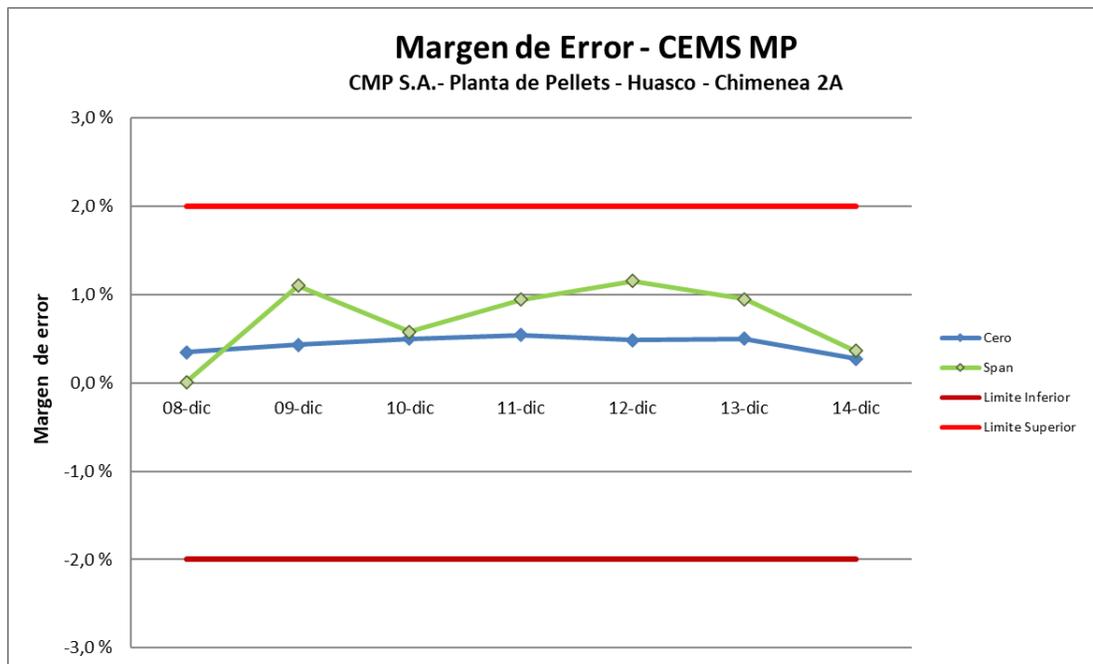


Figura 4: Margen de Error – CEMS MP.



6. CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CORRELACIÓN

6.1. Valores de Referencia

Para llevar a cabo los ensayos de correlación se realizaron mediciones de Material Particulado empleando los siguientes métodos de referencia:

- CH-1: Determinación de los puntos de Medición.
- CH-2: Determinación de la Velocidad del gas en la chimenea.
- CH-3: Análisis del gas para la determinación del peso molecular.
- CH-4: Determinación de contenido de humedad en los gases de la Chimenea
- EPA-5B⁶: Determinación de concentración de Material Particulado

Los certificados de calibración del Medidor de Gases Secos DGM, Temperaturas de entrada y salida DGM, Tubo Pitot "S", Temperatura cuarto Impinger, Sensor de Chimenea y de Boquilla de medición se encuentran en Anexo 6.

⁶ De acuerdo a lo informado en Aviso de Ejecución de los Ensayos de Validación, se utilizó la metodología EPA-5B que se basa en extraer isocinéticamente una muestra de gas a través de una lanza y un filtro a una temperatura de rango de 160 ± 14 °C, a diferencia de la metodología CH-5 que extra una muestra con un rango de 120 ± 14 °C. Se utilizó este método debido a la posible presencia de ácido sulfúrico en la corriente gaseosa, el cual podría generar distorsiones en la concentración de Material Particulado al utilizar el método CH-5.



6.2. Resumen de Registro de Mediciones

A continuación, se presentan los resultados de las 19 corridas de Material Particulado⁷ ejecutadas por Proterm S.A. y los valores de concentración registrados por el CEMS PM.

Tabla 19: Resumen de mediciones del Ensayo de Correlación.

Corrida	Fecha	Hora		CEMS MP [S.L.]	Método Referencia [mg/m ³ Real]
1	16-12-2023	13:07	14:55	5,391	12,97
2	20-12-2023	13:30	15:05	6,027	9,272
3	20-12-2023	15:30	17:05	6,238	14,02
4	21-12-2023	09:20	10:57	5,769	8,787
5	21-12-2023	11:30	13:08	6,027	12,12
6	21-12-2023	13:35	15:10	5,874	8,495
7	21-12-2023	15:30	17:05	6,609	9,674
8	04-01-2024	09:50	11:22	27,17	13,22
9	05-01-2024	09:45	11:20	37,40	58,92
10	06-01-2024	10:24	12:08	17,62	20,95
11	06-01-2024	12:34	14:18	20,10	25,29
12	06-01-2024	14:53	16:31	16,14	20,64
13	08-01-2024	14:40	16:20	15,67	22,31
14	09-01-2024	11:50	13:27	26,55	17,42
15	09-01-2024	14:00	15:40	22,78	33,00
16	10-01-2024	19:30	23:14	24,21	14,73
17	10-01-2024	23:28	01:02	25,67	34,90
18	11-01-2024	01:20	02:54	7,668	11,80
19	11-01-2024	03:20	04:55	8,445	13,89

Los resultados de concentración de Material Particulado del Método de Referencia son presentados en condiciones reales de temperatura, presión y humedad de la corriente de gases al interior de la chimenea.

Los tiempos indicados en la tabla anterior corresponden al inicio de la primera travesía y al final de la segunda travesía de medición de cada una de las corridas.

⁷ Ver resultados en Anexo 3



6.3. Resumen de Resultados

Según lo permitido en el Protocolo, para este ensayo no fue posible obtener tres niveles distintos de concentración de MP, por lo que los ensayos se realizaron en el máximo rango de material particulado, para asegurar que el rango del equipo fuese el máximo. Además, se estimó la respuesta del monitor en el punto 0 SL = 0 mg/m³.

Del total de las 19 corridas de medición realizadas a través de método de referencia, se eliminó las corridas 8, 9, 14 y 16, lo que permitió mejorar la correlación, el intervalo de confianza y de tolerancia. A continuación, se presentan las corridas utilizadas para el cálculo de la curva de regresión.

Tabla 20: Corridas seleccionadas para Ensayo de Correlación.

Corrida	Fecha	Hora		CEMS MP [S.L.]	Método Referencia [mg/m ³ Real]
1	16-12-2023	13:07	14:55	5,391	12,97
2	20-12-2023	13:30	15:05	6,027	9,272
3	20-12-2023	15:30	17:05	6,238	14,02
4	21-12-2023	09:20	10:57	5,769	8,787
5	21-12-2023	11:30	13:08	6,027	12,12
6	21-12-2023	13:35	15:10	5,874	8,495
7	21-12-2023	15:30	17:05	6,609	9,674
10	06-01-2024	10:24	12:08	17,62	20,95
11	06-01-2024	12:34	14:18	20,10	25,29
12	06-01-2024	14:53	16:31	16,14	20,64
13	08-01-2024	14:40	16:20	15,67	22,31
15	09-01-2024	14:00	15:40	22,78	33,00
17	10-01-2024	23:28	01:02	25,67	34,90
18	11-01-2024	01:20	02:54	7,668	11,80
19	11-01-2024	03:20	04:55	8,445	13,89

El detalle de los cálculos y resultados de la totalidad de las corridas se pueden encontrar en el archivo Excel adjunto,



6.4. Gráfico de Resultados

A continuación, se presenta la dispersión de la totalidad de las corridas realizadas durante los ensayos de correlación:

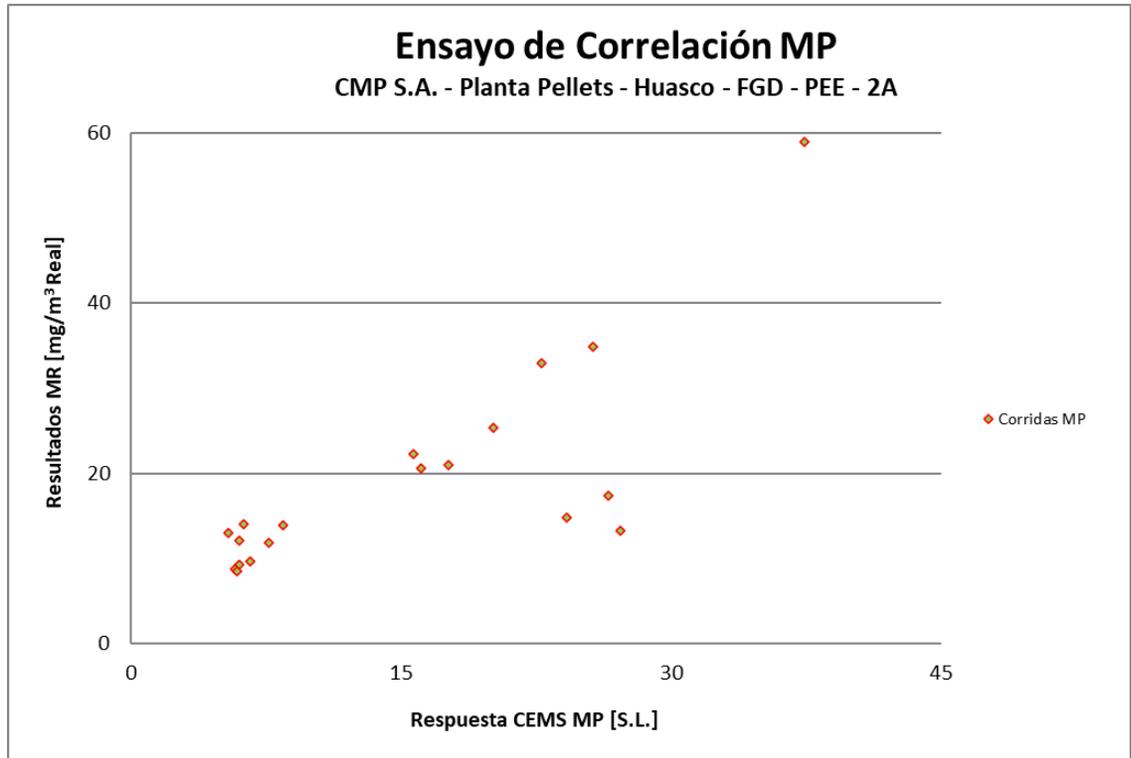


Figura 5: Gráfico de resultados de corridas para correlación.



7. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN, INTERVALO DE CONFIANZA E INTERVALO DE TOLERANCIA

Para la realización de la curva de correlación, se consideran las 15 corridas preseleccionadas y los cinco tipos de correlación aceptados por el Protocolo de Validación. Se debe considerar que el valor límite de emisión es de 16,77 mg/m³N⁸. Este valor límite fue llevado a condiciones reales de temperatura, presión y humedad de la fuente.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros exigidos:

Tabla 21: Valores de evaluación de las correlaciones.

Modelo	Coefficiente de correlación	Intervalo de confianza	Intervalo de tolerancia	Cumplimiento
Lineal	0,972	7,10%	22,9%	Si
Polinomial	0,969	8,95%	24,4%	Si
Logarítmico	0,612	23,7%	76,3%	No
Exponencial	0,500	70,7%	988%	No
Potencial	0,996	6,00%	19,7%	Si

Para la realización de los cálculos de las distintas Curvas de Correlación se utilizó la planilla PS-11 Versión 2-6, adjunta en Anexos. Para este caso, de las tres ecuaciones que cumplen con los valores de evaluación del ensayo de Correlación, se seleccionó el **modelo Lineal** según el principio de medición del analizador.

$$y = 1,2163x + 2,7503$$

⁸ Se considera límite de 30 mg/m³N de acuerdo al Plan de Descontaminación Atmosférica para la localidad de Huasco y su zona circundante D.S. N°38/2017, donde se establece la emisión máxima de la Chimenea 2A de CAP Minería.



A continuación, se presenta la curva de Correlación Lineal seleccionada junto con las corridas utilizadas para el cálculo de ésta.

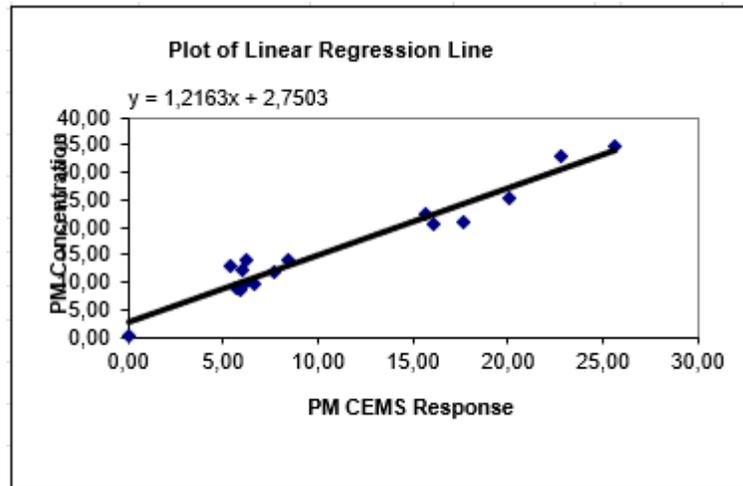


Figura 6: Gráfico de curva de regresión.

Esta curva de correlación seleccionada deberá ser incorporada en el CEMS MP Marca MP SICK Modelo FWE 200-DH N° de Serie MCU 23358759; DHSP200 23358743 o en el Sistema Adquisidor de Datos de planta para que los registros en unidades de S.L. correspondan a la concentración de Material Particulado Real. Los valores obtenidos de esta curva deberán ser normalizados por presión y temperatura.



8. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA FUENTE Y PLANOS DE UBICACIÓN DE LOS CEMS

8.1. Condiciones operaciones

La condición de producción del Horno de Pellets se mantuvo superior al 50% de su producción nominal de 512,5 t/h durante la ejecución de cada uno de los ensayos. De esta forma se dio cumplimiento a lo exigido en el Protocolo de Validación el cual solicita realizar los ensayos a cargas superiores al 50% de la nominal. La información de la condición operacional de producción del Horno de Pellets se encuentra incluidos en los registros de cada uno de los ensayos.

8.2. Ubicaciones de Caseta CEMS

A continuación, se muestra imagen de la ubicación de la caseta CEMS al interior de planta, junto a la chimenea.



Figura 7: Ubicación de caseta CEMS en planta.

Coordenadas UTM referenciales	Coord. Este: 279925.04 m E	Coord. Norte: 6847418.17 m S
--------------------------------------	-------------------------------	---------------------------------



8.3. Ubicación de los puntos de muestreo

En la siguiente figura se presenta esquema básico de la chimenea.

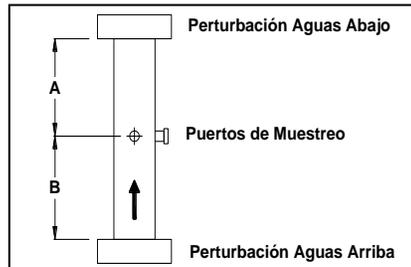


Figura 8: Esquema de chimenea y puertos de muestreo.

Características de la chimenea y puertos de muestreo:

Diámetro interno	: 3,6 metros
Distancia "A"	: 17,82 metros
Distancia "B"	: 18,88 metros
Largo de coplas	: 15 centímetros
Posición del ducto	: Vertical
Singularidad aguas abajo	: Expansión por término de la chimenea
Singularidad aguas arriba	: Codo por cambio de dirección
Sección ducto	: Circular
Matriz puntos	: 4 x 5

Tabla 22: 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	9	24
2	30	45
3	53	68
4	81	96
5	123	138



9. **CONCLUSIONES**

En consideración a las exigencias establecidas en el Protocolo técnico para Validación de la Superintendencia del Medio Ambiente expuesto en la Resolución Exenta N°1743/2019 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) que aprueba “PROTOCOLO PARA VALIDACIÓN, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES (CEMS)” (en adelante Protocolo), y de acuerdo a los resultados de los ensayos y pruebas informadas en el presente informe, se concluye lo siguiente:

Los CEMS de Material Particulado y Gases de Combustión (CO), instalados en la Chimenea 2A de CMP S.A. planta de Pellets de la comuna de Huasco, ubicada en la III Región, cumplen satisfactoriamente con los parámetros de validación exigidos en el PROTOCOLO PARA VALIDACIÓN, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES (CEMS)” de la Superintendencia del Medio Ambiente.

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

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