

LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY

Informe de Ensayo 2125196

Solicitante:	COLIER S.A
Direccion:	AV. ITALIA 4231
Descripcion de la muestra:	Asfaltera: determinación de material particulado en emisiones
Identificacion de las unidades de la muestra:	2449132 - Determinación de material particulado en chimenea de planta asfáltica ubicada en ruta 8 km 48.
Procedencia de la muestra:	Por: Técnicos del LATU



LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY

Informe de Ensayo 2125196

MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN FUENTES FIJAS DE EMISIÓN



1893

LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY

Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Página 2 de 18



**ORGANISMO
URUGUAYO DE
ACREDITACION
LE NRO. 009**

ÍNDICE

1. Resumen ejecutivo	4
2. Principio de medición.....	4
2.1 Método de cálculo.....	7
2.2 Selección de puntos de muestreo	8
3. Materiales y equipos	11
3.1 Equipos	11
3.2 Filtros.....	12
4. Descripción del proceso.....	12
5. Conformidad del ducto con los requisitos de la Norma UNE EN-13284-1: 2018	13
6. Objetivo de la medición.....	14
7. Resumen de resultados	14
ANEXO I – Líneas y Puntos de muestreo según UNE EN-15259: 2007.....	16
ANEXO II – Perfil de velocidad.....	17
ANEXO III – Datos adicionales	18
I.1 Muestra	18

1. Resumen ejecutivo

El presente documento describe la medición de material particulado realizada el 6 de Marzo de 2024, en la planta asfáltica de la empresa Colier, Ciber, al momento de realizar la medida se encontraba ubicada en la ruta 8 Km 48.

Las mediciones de material particulado se realizaron en concordancia con el PEC.MAM.CAE.004, basado en la norma UNE EN-13284-1: 2018, ensayo acreditado EN ISO/IEC 17025 por el Servicio de Acreditación del Reino Unido – UKAS y el Organismo Uruguayo de Acreditación – OUA. De haber algún desvío a los procedimientos establecidos en la norma, éstos se explicitan en el informe.

2. Principio de medición

Con el fin de determinar la concentración de material particulado (MP), se extrae una alícuota representativa de gas, proveniente de la corriente que circula por el ducto a analizar. Se deben analizar 2 grandes elementos: el volumen de gas muestreado y la masa de material particulado presente en dicha alícuota.

Para que la alícuota extraída sea representativa de la corriente que circula dentro del ducto, es necesario que se cumplan ciertas condiciones. En primer lugar, el muestreo se realiza en un plano del ducto cuyo flujo no esté afectado por perturbaciones. En segundo lugar, dado que la velocidad del flujo en el plano de inspección varía según la posición, el muestreo debe reflejar dichas variaciones. Esto se contempla muestreando en diferentes puntos del plano. En tercer lugar, la velocidad de flujo que se extrae debe ser igual a la velocidad de flujo en el ducto (concepto que se conoce como flujo isocinético).

Con el fin de recuperar el material particulado de la corriente gaseosa, se coloca un filtro plano, previamente pesado, el cual retiene el material particulado. Luego se seca y se pesa nuevamente, para determinar por diferencia, la masa recogida. Los depósitos de material particulado corriente arriba del filtro en el tren de muestreo, se consideran parte de la muestra, por lo que son recuperados con enjuagues de acetona. El material particulado se determina por gravimetría luego de evaporada la acetona. La suma de estas dos masas se atribuye al material particulado presente en la muestra.

En el resultado final, la concentración de material particulado se expresa en base seca y en condiciones normales; por lo que, previo a la medición del volumen de gas muestreado, se debe condensar y medir el agua proveniente del ducto. Con dicho fin, en el tren de muestreo se incluyen cuatro recipientes (impigners) sumergidos en un baño de agua y hielo. Los primeros dos recipientes contienen agua, el tercero vacío y el cuarto con silica-gel. Todos los impigners son pesados antes y después del muestreo, obteniendo así la masa de agua condensada.

Dependiendo de la composición de la corriente gaseosa a muestrear, se pueden utilizar dos configuraciones diferentes del tren de muestreo (IN-STACK o OUT-STACK).

Ambas configuraciones difieren en la ubicación del filtro. Si el filtro se encuentra dentro de la chimenea se denomina método IN-STACK; mientras que, si se coloca fuera de la chimenea, su denominación será OUT-STACK.

Dispositivos de filtración IN-STACK (ver Figura 1):

Para el armado de este tren se incluyen los siguientes elementos:

- a. Una boquilla que tiene anexado un porta-filtro, el conducto entre la boquilla y el filtro, el cual debe ser corto con el fin de minimizar depósitos de polvo aguas arriba del filtro.
Debido a las dimensiones disponibles en los puertos de acceso en las chimeneas (diámetro de los puertos de inspección), el diámetro del filtro se limita típicamente a 50 mm, con un caudal de muestra entre 1 y 3 m³/h.
La temperatura de filtración es generalmente idéntica a la del gas en la chimenea, ya que el filtro se encuentra dentro de la misma, por tal motivo podrían ocurrir obstrucciones si hubiera gotas de agua en la corriente de gas.
- b. Para llegar a todos los puntos de muestreo en la chimenea, luego del filtro se usa un conducto rígido, hueco, de longitud suficiente, al que le llamaremos sonda, para acceder a todos los puntos del plano a muestrear.
- c. Luego del conducto, el flujo de gas pasa por 4 recipientes destinados a la condensación del agua (impigners), los cuales se encuentran sumergidos en un baño de hielo. Los primeros dos impigners conteniendo agua, el tercero vacío y el cuarto con sílica-gel.
- d. A la salida de los impigners se encuentra un sistema de bombeo que permite la regulación del caudal de muestreo y un gasómetro que mide el volumen de gas seco muestreado.

Las mediciones válidas sólo se pueden lograr cuando:

- La corriente de gas en el ducto y en el punto de muestreo tienen un perfil de velocidad constante y suficientemente homogéneo.
- El muestreo se lleva a cabo sin alterar la corriente de gas, con una boquilla de bordes afilados.
- La muestra se toma en el número preseleccionado de posiciones indicadas en el plano de muestreo, para contemplar una distribución no uniforme del polvo en el conducto.
- El tren de muestreo está diseñado y operado para evitar la condensación, las reacciones químicas y minimizar los depósitos de polvo aguas arriba del filtro.
- El tren de muestreo está libre de fugas.
- Los depósitos de polvo, aguas arriba del filtro, se tienen en cuenta como parte de la muestra.
- El valor total del blanco no excede el 10% del valor límite de emisión establecido para el proceso. Ningún valor por debajo del valor del blanco será válido.
- Los procedimientos de muestreo y pesaje se adaptan a las cantidades de polvo esperadas.

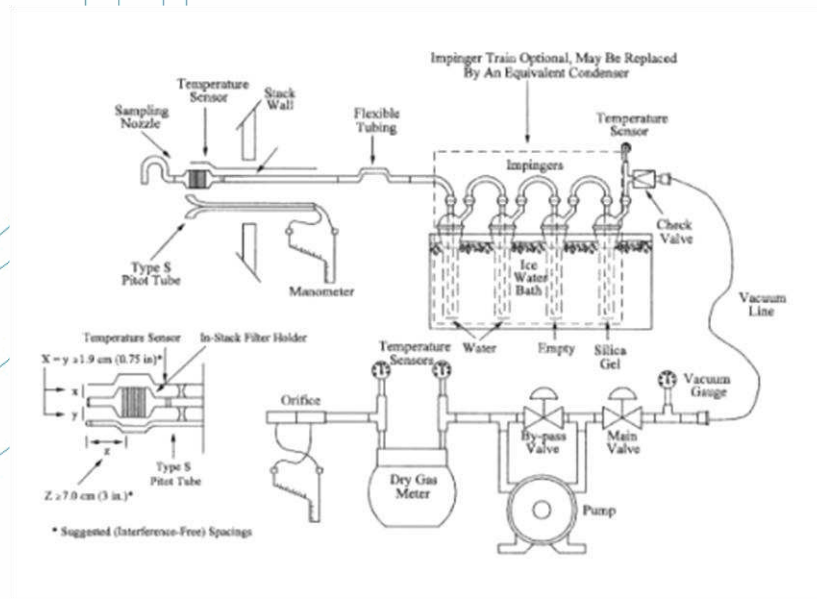


Figura 1: Esquema del tren de muestreo IN-STACK.

Dispositivos de filtración OUT-STACK (ver Figura 2):

El uso de este sistema surge de la necesidad de evitar problemas provenientes de la presencia de gotas de agua en la corriente de muestreo, ya que provoca obstrucciones en el filtro. Para ello, la alícuota de gas se mantiene a una temperatura tal, que evite dificultades de filtración relacionadas con la presencia de gotas o gases ácidos con alto punto de rocío.

El tren de muestreo se compone de la siguiente manera:

- Una boquilla (No incluye el porta-filtros anexo).
- Un conducto similar al de IN-STACK pero que incluye una sonda calefaccionada que mantiene la temperatura necesaria (la sonda debe tener una longitud que permita el acceso a todos los puntos de muestreo del plano). Existen diferentes recomendaciones relacionadas a la temperatura de calefacción. Idealmente debe ser la temperatura de chimenea, o 160°C , la cual es otra temperatura recomendada por la norma. Se debe seleccionar una temperatura adecuada, pero que no sea menor a $120 \pm 14^{\circ}\text{C}$.
Los diámetros de filtro se encuentran entre 50 mm y 150 mm, los cuales se utilizan generalmente con un caudal de muestreo de entre $1 \text{ m}^3/\text{h}$ y $10 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Un porta filtro, con un filtro que se encuentra en el interior de una caja calefaccionada, que mantiene la temperatura en un valor que cumpla con las especificaciones mencionadas en el punto b. Por practicidad, se recomienda que tengan el mismo valor.
- Luego de este punto, la configuración continúa de la misma manera que para el sistema IN-STACK (literales c y d).

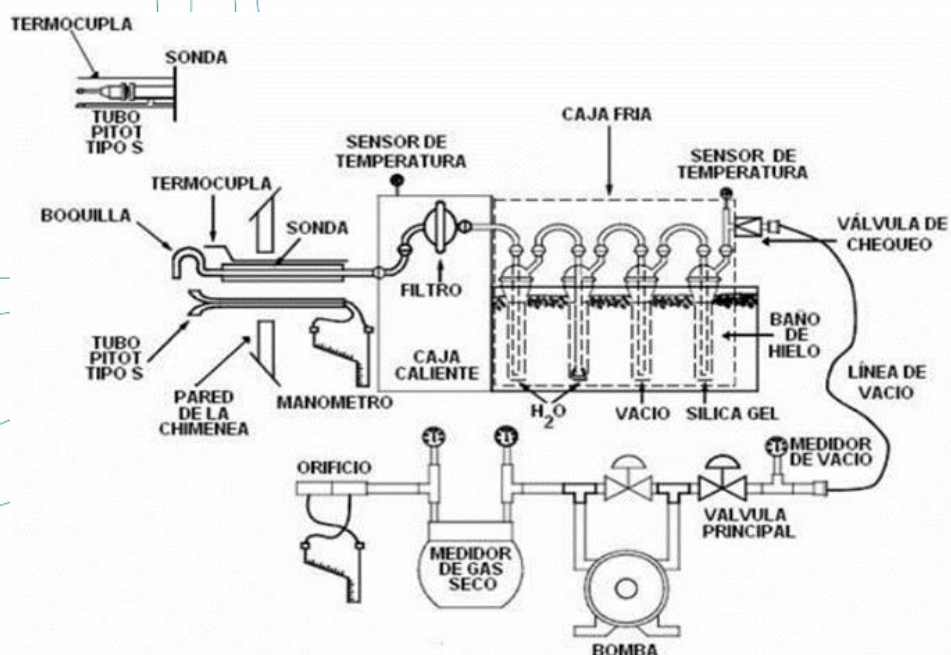


Figura 2: Esquema del tren de muestreo OUT-STACK.

2.1 Método de cálculo

Para el cálculo de la concentración de partículas se utiliza las siguientes fórmulas:

Cálculo del volumen de gas muestreado

$$V_{gas\ seco\ NTP} = (V_f - V_i) \left(\frac{T_n}{T_{gm}} \right) \left(\frac{p_a}{p_n} \right)$$

Donde:

$V_{gas\ seco\ NTP}$ = Volumen de gas muestreado seco y en condiciones normales; Nm^3

V_f = Volumen final medido en el gasómetro; m^3

V_i = Volumen inicial en el gasómetro; m^3

T_n = Temperatura normal; 273,15 °K

T_{gm} = Temperatura media en el gasómetro durante la corrida; °K

p_a = Presión atmosférica; kPa

p_n = Presión Normal; 101,325 kPa

$$C_{part.,seco\ NTP} = \frac{m_{particulas}}{V_{gas\ seco\ NTP}}$$

Donde:

$C_{part.,seco\ NTP}$ = Concentración de partículas en condiciones normales

En algunos casos se requiere la concentración de partículas llevada a un cierto oxígeno de referencia. Lo mismo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$f = \left(\frac{20,9 - O_{2,ref}}{20,9 - O_{2,medido}} \right)$$

$$C_{part.\ corr.} = C_{part.,seco\ NTP} f$$

Donde:

$O_{2,ref}$ = Oxígeno de referencia; %

$O_{2,medido}$ = Oxígeno medido, seco; %

$C_{part.\ corr.}$ = Concentración de partículas en condiciones normales y corregida por oxígeno

f = Factor de corrección por oxígeno

2.2 Selección de puntos de muestreo

Se deben seleccionar la cantidad de puntos de muestreo de acuerdo con la norma EN-15259-1: 2007, de donde se toma la tabla que se presenta a continuación:

Rango de áreas del plano de muestreo m ²	Número mínimo de divisiones ^a por lado	Número mínimo de puntos de muestreo
< 0,1	-	1 ^b
0,1 a 1,0	2	4
1,1 a 2,0	3	9
> 2,0	≥3	al menos 12 y 4 por m ² ^c

^a Pueden ser necesarias otras divisiones laterales, por ejemplo si la longitud del lado mayor del conducto es más de dos veces la longitud del lado menor (véase el capítulo C.3).

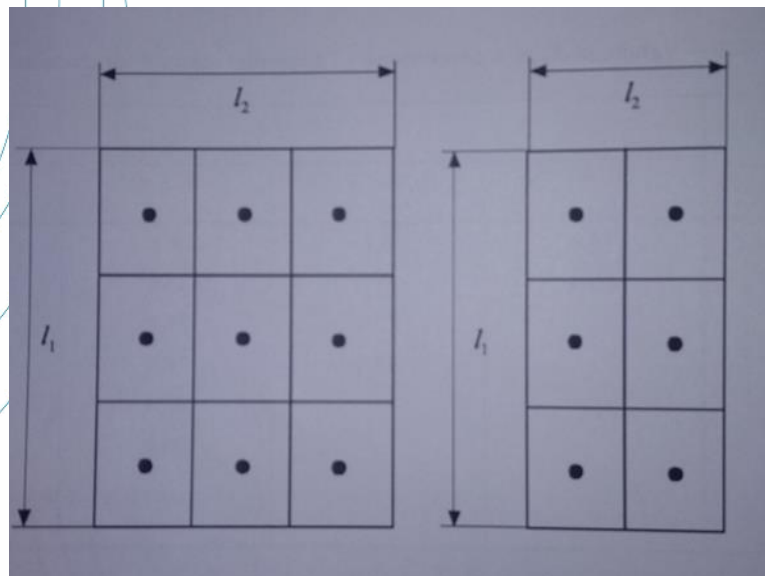
^b La utilización del único punto de muestreo puede dar lugar a errores mayores que los especificados en esta norma europea.

^c Para conductos grandes, son generalmente suficientes 20 puntos de muestreo.

En el Método aplicable a ductos rectangulares, el plano de muestreo se divide en áreas iguales, por líneas paralelas a los lados del ducto (paredes internas), y cada punto de muestreo, se ubica en el centro de las áreas formadas. (Ver figura 12.3.3.).

En general, el ducto rectangular se divide en el mismo número de partes longitudinal y transversalmente, dando como resultado, áreas con la misma relación largo / ancho que el ducto. El número de áreas parciales es, por lo tanto, el cuadrado de 1, 2, 3, ... n (cantidad de puntos).

l_1 y l_2 son las dimensiones de una sección, donde si l_1/l_2 es mayor que 2, el lado l_1 se dividirá por un número mayor que l_2 , de modo que, para cada una de las secciones parciales, la relación l_1/l_2 (sección parcial) sea menor de 2.



a) $\frac{l_1}{l_2} \leq 2$

b) $\frac{l_1}{l_2} > 2$

Figura 12.3.3. Esquema de la posición de puntos de muestreo en ductos rectangulares.

En el caso de los ductos rectangulares el diseño de muestreo se ve limitado a los puertos de inspección disponibles. En el Anexo 1 se muestran las posiciones “ideales” que deberían ser elegidos de acuerdo con la norma EN 15259-1:2007 y los puntos reales en los cuales se llevó a cabo el muestreo de acuerdo con los puertos disponibles.

3. Materiales y equipos

3.1 Equipos

Parámetro	Equipo	Principio de medición
Volumen de gas	Gasómetro seco APEX	Medición del gas seco por medio de gasómetro
Temperaturas	Termocuplas tipo K	Diferencia de potencial
Contenido de agua	"Impingers" APEX; Balanza Boeco (Resolución 0,1 g)	Condensación de agua en serie y gravimetría (diferencia de peso de los impingers).
Masa de material particulado	Balanza Analítica (Resolución 0,01 mg)	Gravimetría.
Velocidad de chimenea	Pitot tipo S	Medición de diferencia de presión
Presión diferencial	Micromanómetro Testo 480	Medición eléctrica
Presión atmosférica	Barómetro digital	-
CO ₂ , O ₂	Servoflex 5200 MiniMP	O ₂ – sensor paramagnético CO ₂ – sensor infrarrojo

3.2 Filtros

DATOS DEL FILTRO						
TIPO DE FILTROS	Planos 82.6 mm		Boquillas 47 mm		APEX In stack 47 mm	x
MATERIAL DE FITLRO	MICROFIBRA DE VIDRIO			CUARZO	x	
TEMPERATURA DE PRE- TRATAMIENTO DE FILTROS (°C)	600 ° C					
TEMPERATURA DE POST- TRATAMIENTO DE FILTROS	160 ° C					
TEMPERATURA DE FILTRACIÓN SELECCIONADA	-					
MÉTODO SELECCIONADO	IN -STACK					

4. Descripción del proceso

La planta Ciber es una planta móvil continua, se utiliza para la mezcla de asfalto con los agregados.

5. Conformidad del ducto con los requisitos de la Norma UNE EN-13284-1: 2018

Comentarios sobre la representatividad de las medidas y condiciones de seguridad.

<p>1) Conformidad con norma UNE EN-15259: 2007.</p>	<p>Relación Pmax: Pmin menor a 3:1 - Cumple</p> <p>Presiones mayores a 5 Pa: OK</p> <p>Angulo del flujo con respecto al ducto menor a 15º: OK</p> <p>Puertos necesarios: Hay una muy leve diferencia en la ubicación entre los puertos por normativa y los disponibles. Éstos no coinciden, por pocos centímetros, los puertos necesarios para el muestreo en grilla de acuerdo con lo establecido en la norma EN 15259-1:2007. Se detallan los puertos ideales vs. los existentes en el anexo 1.</p> <p>Accesibilidad a puertos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material particulado: hay 3 puertos disponibles a 0,14 m; 0,31 m y 0,48 m en uno de los largos - En la norma EN 15259-1:2017 se requiere que las condiciones de flujo sean homogéneas, se recomienda para lograr esto, que el plano de medida se encuentre en un tramo recto, con una distancia anterior de 5 dh (diámetro hidráulico $dh = (4 \cdot \text{área}) / \text{perímetro}$) de la última perturbación (ventilador codo, etc) y por lo menos 2 dh posterior, en caso del fin de chimenea 5 dh. El flujo en el plano de muestreo cumple con las condiciones requeridas en la norma aun cuando está ubicado 1,24 m aguas arriba de la última perturbación y 0,5 m aguas abajo del final del ducto.
<p>2) Identificación Lugar y puntos de medición</p>	<p>Ducto rectangular</p> <p>$l_1 = 0,51 \text{ m}$</p> <p>$l_2 = 0,51 \text{ m}$</p> <p># líneas de muestreo utilizadas de partículas y velocidad: 3</p> <p># Puntos de muestreo de partículas y velocidad: 3</p>
<p>3) Otras</p>	<p>Condiciones de operación: operación normal, dato suministrado por el cliente</p>

6. Objetivo de la medición

El objetivo de esta campaña de medición es determinar las emisiones de material particulado, emitidas por la planta Ciber, al momento de realizar la medida se encuentra ubicada en la ruta 8 Km 48.

7. Resumen de resultados

A continuación, se presenta el resultado de la muestra analizada. En el Anexo II se encuentran los parámetros medidos, chequeos de calidad, resultados intermedios, así como los datos de campo recabados.

Datos generales			
Empresa	Colier Peaje Soca	Hora inicio	13:19
Fecha de medición	peaje soca	Hora fin	13:59
Chimenea	Ruta 8 km 48 CIBER	Corrida	2

Resumen de resultados			
Concentración MP (mg/Nm³)	22,3 ± 1,9		
O₂ ref (%)	17,46	Isocinetismo	1,04

La inclusión del símbolo de acreditación de UKAS (United Kingdom Accreditation Service) en el presente informe demuestra el reconocimiento internacional de la competencia técnica del laboratorio para la realización de los ensayos/muestreos incluidos en el alcance de la acreditación obtenida y el cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2017 como laboratorio de ensayo. (Referencia: Laboratorio acreditado N° 1893).

La inclusión de la marca de acreditación de OUA (Organismo Uruguayo de Acreditación) en el presente informe demuestra el reconocimiento internacional de la competencia técnica del laboratorio para la realización de los ensayos/muestreos incluidos en el alcance de la acreditación obtenida y el cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025:2017 como laboratorio de ensayo. (Referencia: Laboratorio acreditado LE N° 009).

Los ensayos/muestreos señalados como "Acreditado por UKAS y OUA" están incluidos en el alcance de la acreditación. Los restantes ensayos/muestreos no están incluidos en dicho alcance.

Los resultados del ensayo se refieren exclusivamente a la muestra ensayada.



LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY

Informe de Ensayo 2125196

Este Informe sólo será válido en su versión electrónica firmada digitalmente

Se expide el informe ensayo N°2125196, en Montevideo, a los ocho días del mes de abril de dos mil veinticuatro.

Lic. Elina Ordoqui, MBA
Directora de Medio Ambiente y Unidad Fray Bentos
LATU



ANEXO I – Líneas y Puntos de muestreo según UNE EN-15259: 2007

Se dividió el largo y el ancho de la chimenea en 3 partes, dados los puertos disponibles.

De acuerdo con esta división, se presenta a continuación la ubicación ideal de los puertos de muestreo:

	1	2	3
Puerto "ideal" de acuerdo con la norma EN-15259:2007	0,09	0,26	0,43
Puerto real utilizado	0,14	0,31	0,48

Distancias utilizadas para la ubicación del punto de muestreo en el ancho de la chimenea
(la distancia considerada es desde la pared interior del ducto)

	1	2	3
Distancia del punto de muestreo en el ancho del ducto de acuerdo con la norma EN-15259:2007 (cm)	8,5	25,5	42,5
Distancia real muestreada (cm)	8,5	25,5	42,5

ANEXO II – Perfil de velocidad

Puerto de inspección	Punto	Distancia a la pared de la chimenea (expresada en m)	Presión dinámica (Pa)	Velocidad (m/s)	Temperatura (°C)
1	1	0,09	379	23	83
	2	0,26	335	22	80
	3	0,43	365	23	79
2	4	0,09	282	20	79
	5	0,26	299	20	79
	6	0,43	301	21	77
3	7	0,09	248	19	78
	8	0,26	241	18	79
	9	0,43	265	19	79

ANEXO III – Datos adicionales
I.1 Muestra

Resultados mediciones			
Tiempo de muestreo (min)	36,0	Lectura gasómetro inicial (m ³)	391,8054
Temperatura de chimenea promedio (°C)	80	Lectura gasómetro final (m ³)	392,3786
Temperatura de gasómetro promedio (°C)	32	Y	0,993
Partículas en filtro (g)	0,00676	Masa de agua recogida (g)	40,1
Partículas en soluciones de lavado (g)	0,00464	ΔH Promedio (mmH ₂ O)	25,0
Cp pitot	0,824	Contenido de agua (%)	8,9

Cálculos intermedios			
Área de chimenea (m ²)	0,26	Contenido de agua (kg/kg)	0,060
Densidad del gas seco (kg/m ³)	1,301	Densidad del gas húmedo (kg/m ³)	1,257
Volumen de gas seco PTN (Nm ³)	0,511	Densidad del gas en condiciones de chimenea (kg/m ³)	0,970
Emisión de material particulado (kg/h)	0,301	Velocidad media en pitot (m/s)	20,49
Masa del gas de muestreo (kg)	0,665	Velocidad media en la boquilla (m/s)	21,27

Relevamientos previos			
Diámetro de chimenea (m)	-	Cp pitot relevamiento	0,835
Presión estática (Pa)	-228,04	CO ₂ (%)	2,57
Diámetro de boquilla (mm)	4,49	O ₂ (%)	17,46
Presión atmosférica (kPa)	101,43	CO (%)	0,00

Garantía de calidad			
Chequeo inicial del pitot	OK	Chequeo final del pitot	OK
Test de fugas inicial	OK	Test de fugas final	OK
Isocinetismo	OK	Valor del blanco diario (mg/Nm ³)	4,2