

Los Ángeles, marzo 12 de 2024

Sra.

**MARÍA FERNANDA URRUTIA HELBIG**

*Fiscal Instructora - División de Sanción y Cumplimiento*

*Superintendencia del Medio Ambiente*

Presente

**FRANCISCO JOSÉ ARELLANO VILLASECA**, cédula de identidad N° [REDACTED], abogado, en representación de **FORESTAL LA ESPERANZA S.A.**, rol único tributario 96.991.450-6, en causa **Rol F-051-2024**, con respeto digo:

Según requerimiento de SMA contenidos en el documento “Antecedentes del Procedimiento Sancionatorio”, de 21 de febrero de 2025, dando cumplimiento a lo ordenado, adjuntamos Formato con el programa de cumplimiento PDC, de la totalidad de los contenidos requeridos.

Para la elaboración del PDC, hemos utilizado el formato recomendado y diseñado por la Superintendencia de Medio Ambiente del Gobierno de Chile.

El formato contempla los cuatro aspectos principales solicitados y definidos para tales efectos, los cuales se mencionan a continuación:

1.- Descripción del hecho constitutivo de infracción, la normativa pertinente y los efectos negativos generados.

2.- El Plan de Acciones y Metas para volver al cumplimiento, y eliminar o contener y reducir los efectos negativos.

3.- El Plan de Seguimiento del Plan de Acciones y Metas.

4.- Cronograma.

5.- Anexos (Nº1,2, y 3)

Atento, desde ya, a cualquier consulta o resolución vuestra, le saluda cordialmente,

Powered by  Firma electrónica avanzada  
**FRANCISCO JOSE**  
**ARELLANO VILLASECA**  
2025.03.11 15:29:13 -0300

PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO “PDC” REQUERIDO PARA CADA INFRACCIÓN

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS		
IDENTIFICADOR DEL HECHO	Hecho 1,2.	
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	<b>Observaciones Específicas:</b> <b>Cargo 1:</b> “No haber realizado la medición de sus emisiones de MP, de acuerdo a la periodicidad establecida en el artículo 36 del D.S. N°4/2017, mediante un muestreo Isocinetico que permita acreditar el cumplimiento de los límites de emisión establecidos en el artículo 32 del D.S. N°4/2017, respecto de las calderas número de registro CA-OR-27654, CAOR-27652 durante los periodos 25 de enero 2022 – 25 de enero de 2023 y 25 de enero de 2023 – 25 de enero de 2024 y CA-OR27653, durante el periodo 25 de enero 2022- 25 de enero de 2024.”. <b>Cargo 2:</b> “Haber operado las calderas número de registro CA-OR27654, CA-OR-27652, durante un episodio crítico nivel emergencia ambiental en zona territorial afecta a dichas medidas el día 19 de junio de 2023.”	
NORMATIVA PERTINENTE	Normativa técnica de emisiones atmosféricas entró en vigor el 22 de febrero del 2017. Según lo establecido en el decreto supremo N° 4/2017, del Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Los Ángeles por parte del Ministerio del Medio Ambiente “Res. Ex. SMA N° 349/2023”; y en la Resolución N° 7, de 2019, de la Contraloría General de la República.	
DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS	No existe una Descripción Especifica de los Efecto Negativos en el Documento de Infracción realizada por la SMA, no obstante, se asume que los efectos negativos observados se refieren a haber Operado las calderas con emisiones más altas de lo permitido por la Norma Medio Ambiental durante el periodo de restricción, situación que se busca superar a través de la implementación del Proyecto de Control de Emisiones objeto del presente PdC, denominado Proyecto de Abatimiento de Emisiones. Complementando lo anteriormente dicho, se puede suscribir que, no se cuenta con información adicional que la que se ha podido recabar a través de las mediciones isocineticas realizadas, a lo cual se agrega el hecho que, si bien las calderas están sometidas a la legislación medio Ambiental vigente, estas se encuentran ubicadas en una zona rural, alejada de centros poblados y de centros críticos, tales como, establecimientos educacionales, hospitales u otros centros, por lo cual no se cuenta con información de los efectos negativos generados, más allá de estar conscientes de las infracciones cometidas. A manera de información, se puede mencionar que la Planta dista 25 Km de la ciudad de Los Ángeles, 21 Km de la ciudad de Nacimiento, y 15 km de Santa Fe.	
FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS	La forma en que se eliminaran los efectos negativos por contaminación será a través de las mejoras en el control de la combustión de las calderas, específicamente a través del control del aire de combustión para mejorar el quemado de la biomasa y con ello disminuir la emisión de material particulado no combustionado, todo lo cual se logrará a través de la	

implementación de equipos de medición del aire de combustión (Oxígeno, CO y temperatura), y de los equipos de captura de particulado, según se indica en anexo N°1 que se acompaña a este PdC. De momento dicha acción (control de emisiones) se está realizando a través del control de la combustión.

Dado que las Calderas actuales no cuentan con un Sistema de Abatimiento de Emisiones, se implementará el Proyecto propuesto cuyo objetivo es lograr la retención de particulado proveniente de la combustión en el hogar de las Calderas, cuyos equipos principales de la instalación lo constituyen:

- Un Multiciclón
- Un filtro de mangas
- Equipos auxiliares

Con lo cual se logrará bajar el nivel de emisiones bajo 30 mg/m<sup>3</sup>, según lo estipula la Norma para operar las calderas.

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

### 2.1 METAS

Las Metas a cumplir dicen relación con bajar el nivel de las emisiones para cumplir con la Normativa vigente, las cuales se resumen en la tabla N°1.

Lo cual consiste en bajar las emisiones emitidas por el proceso de combustión, medidas en la chimenea de cada Caldera, las cuales se encuentran sobre 50 mg/m<sup>3</sup>

Tabla N° 1. PARAMETROS A LOGRAR CON LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO PARA OPERAR LAS CALDERAS DENTRO DE LA NORMA MEDIOAMBIENTAL DEFINIDOS POR LA SMA

Concentración de Material Particulado corregido, antes de la chimenea $\leq 30 \text{ Mg/ m}^3$
---

Para determinar el nivel de emisiones, corregido por exceso de aire y consecuentemente por oxígeno, se utilizará la relación definida por la Normativa que se adjunta a continuación:

$$\text{Nivel de emisiones corregido} = \frac{\text{Nivel de particulado}(\text{21\% de Oxígeno}-6\%)}{(21\% - \% \text{ Oxígeno Medido})}$$

Por tanto, en esta relación está implícito el control del Oxígeno y consecuentemente del CO

En cuanto al cumplimiento de la Norma, se instalarán equipos con la tecnología de control adecuada de los parámetros y variables que intervienen en la combustión, como los señalados anteriormente, y se realizara una medición Isocinetica en las fechas demandadas por la Norma Medio Ambiental.

en el caso de la ocurrencia de un episodio Medio Ambiental y no se encuentre implementado el Proyecto en su totalidad, se respetarán las restricciones consideradas por la Normativa que rige para la Comuna de Los Ángeles en periodos de emergencia, ya sea controlando la combustión o definitivamente suspendiendo la Operación de las calderas según corresponda.

## 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 <small>(describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)</small>	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN <small>(fechas precisas de inicio y de término)</small>	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO <small>(datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el cumplimiento de las acciones y metas definidas)</small>	MEDIOS DE VERIFICACIÓN <small>(a informar en Reporte Inicial)</small>	COSTOS INCURRIDOS <small>(en miles de \$)</small>	
1	<b>Acción</b>	Septiembre 2024- diciembre 2024	La información utilizada para el cálculo de los equipos requeridos para la implementación del Proyecto, son los valores de los diferentes parámetros recabados tanto en las mediciones isocinéticas como a través de mediciones específicas realizadas en terreno durante la operación de los equipos En Anexos se adjuntan Copias de Informes con mediciones realizadas en terreno	<b>Reporte Inicial</b>	\$ 25 millones	
	<b>Contenido y Alcances y objetivos del Proyecto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar la tecnología adecuada, aplicable a las características de las Calderas de la Planta COMSA, lo cual permita controlar la emisión de Particulado y consecuentemente, cumplir con lo dispuesto en el D.S N°4/2017 “Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de los Ángeles”.</li> </ul> <p>Las acciones realizadas hasta este momento como parte del Proyecto, se describen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inicio de las gestiones para la realización del proyecto por parte de Planta COMSA.</li> <li>Visita a terreno por parte del ejecutor del proyecto y reunión explicativa del requerimiento</li> </ul>			60 días luego de aprobado el PDC		

	<p>relativos al proyecto por parte de Planta COMSA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración y Emisión de Informe de visita a terreno por parte del ejecutor del proyecto, incluyendo el Análisis del Informe Isocinetico asociada a las soluciones Técnicas para el Control de Emisiones según lo requerido por la Normativa Medio Ambiental</li> <li>• Formulación y Presentación de la Oferta Técnica por parte del ejecutor, con los alcances y contenidos para el Desarrollo del Proyecto a Planta COMSA</li> <li>• Proceso de consulta por parte de COMSA previas a la aprobación de la Ingeniería Conceptual del Proyecto</li> <li>• Reunión de Consulta y Aprobación de la Oferta Técnica conceptual por parte de COMSA para desarrollar la ingeniería del Proyecto</li> <li>• Levantamiento y mediciones en terreno por parte del ejecutor para recopilar información técnica relativa a las pérdidas de carga del sistema existente, eventual uso de equipos existentes, y diseño de los nuevos equipos, incluyendo el procesamiento de la información recopilada.</li> </ul>					
	<p><b>Forma de Implementación</b></p> <p>La forma de implementación será a través del Cronograma, el que contempla cada una de las actividades en forma genérica, adjunto en este documento, además de</p>					

	visitas a terreno y formulación de la Ingeniería Generación de los documentos técnicos para la implementación del Proyecto (Anexos 1,2,3)				
--	--	--	--	--	--

## 2.2.2 ACCIONES EN EJECUCIÓN

Incluir todas las acciones que han iniciado su ejecución o se iniciarán 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 INICIO Y PLAZO DE EJECUCIÓN  (fecha precisa de inicio para acciones ya iniciadas y fecha estimada para las próximas a iniciarse, y plazo de ejecución)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO  (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN  (a informar en Reporte Inicial, Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS  (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES  (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	<b>Acción</b> La Implementación del sistema de Abatimiento de emisiones, contempla la instalación de nuevos equipos de control de emisiones, para lo cual incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis y selección de las alternativas técnicas y económicas posibles de implementar para el logro de los objetivos</li> <li>Ingeniería, Diseño, y cálculo de los equipos para determinar los diferentes parámetros que permitan definir sus dimensiones y capacidades, con lo cual poder cotizar la fabricación de los mismos</li> </ul>	Enero a marzo 2025	Cumplimiento de las actividades descritas en el Cronograma	<b>Reporte Inicial</b> Reporte inicial después de recibida la aprobación del PdC y cada 60 días tras la aprobación del PdC, hasta completar el Proyecto incluidas las pruebas	27 millones	<b>Impedimentos</b>
				<b>Reportes de avance</b>		Posibles retrasos por parte de los proveedores
	<b>Forma de Implementación</b>			Bimestrales		<b>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</b>

	A través del uso de la información Técnica disponible, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis Isocinetico</li> <li>• Informe de Levantamiento de información y mediciones realizadas</li> </ul>			<b>Reporte final</b> Reporte final una vez terminado el Proyecto y realizadas las pruebas		Desarrollo de gestiones alternativas asociadas al impedimento
--	--	--	--	--	--	---

## 2.2.3 ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR

Incluir todas las acciones no iniciadas por ejecutar a partir 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)	PLAZO DE EJECUCIÓN (periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (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)
3	<b>Acción</b>	11 meses desde la notificación de aprobación del PDC	Hitos definidos en el Cronograma de actividades	<b>Reportes de avance</b>	M\$27.000	<b>Impedimentos</b>
	<b>Secuencia de Acciones a realizar para el proceso de fabricación y suministro de los Equipos a partir de la aprobación del PDC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de las Bases Técnicas para cotizar la fabricación y provisión de los equipos e instrumentos que conforman el proyecto</li> <li>• Emitir Cotizaciones a proveedores para la fabricación de equipos y suministros asociados</li> <li>• Determinación de la inversión real del proyecto</li> </ul>			Informe de avance Bimestral con fotos del sistema y Reporte final		Retraso en la Implementación del Proyecto por parte de los Proveedores

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso de Consultas y Negociación con Proveedores por fabricación y suministro de los Equipos</li> <li>Asignación de Orden de Compra por fabricación y suministro de equipos</li> </ul> <p><b>Proceso de Montaje de los Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación de las Bases para cotizar el montaje de los Equipos</li> <li>Proceso de Licitación y Asignación de Ofertas para el Montaje de los Equipos</li> <li>Emisión de Orden de Compra por Montaje de Equipos</li> <li>Proceso de Montaje de los Equipos e instrumentos asociados</li> <li>Puesta en marcha, prueba y ajuste de variables de los equipos</li> <li>Realización de Ensayo Isocinetico Oficial con aviso a la autoridad para para la determinación de parámetros que permitan el cumplimiento con la Norma Medio Ambiental ( Nivel de Emisiones bajo 30 mg/m3)</li> </ul>				
	Forma de Implementación			Reporte final	Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	Control activo sobre la ejecución y cumplimiento de las actividades descritas en el Cronograma junto con la documentación técnica generada			60 días con posterioridad a la aprobación del PDC	No operar las Calderas durante el periodo de emergencia Medio Ambiental
	Acción			Reportes de avance	Impedimentos

	Ejecución de las actividades del Cronograma			Reporte parcial de avance de acuerdo a carta Gantt		
	Forma de implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	A través del uso se las actividades e Hitos descritos en el cronograma y la documentación técnica generada, emisión de reportes con fotografías			Informe consolidado después de 60 días con posterioridad al término de la implementación del Proyecto		No operar las Calderas durante el periodo de emergencia Medio Ambiental

## 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.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN  (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA  (N° Identificador)	PLAZO DE EJECUCIÓN  (a partir de la ocurrencia del impedimento)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO  (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN  (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS  (en miles de \$)	
4	Acción	3	Acción con los Proveedores en caso de existir el impedimento que malogre el avance	Asignación de tiempos y porcentajes de avance para cada actividad de acuerdo a los definidos en el cronograma de actividades	Reportes de avance	M\$ 450.000	
	Desarrollar acciones que permitan minimizar los eventuales retrasos de las actividades mencionadas en la acción del Identificador 3				Reportes bimestrales		
	Forma de implementación				Reporte final		

	Emisión de avance basado en el uso de las actividades e Hitos descritos en el Cronograma.			Informe consolidado 60 días después de finalizada la implementación del Proyecto con los resultados obtenidos de la medición Isocinetica.		
--	---	--	--	---	--	--

## COMPLETAR PARA LA TOTALIDAD DE LAS INFRACCIONES:

### 3. PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS

#### 3.1 REPORTE INICIAL

##### REPORTE ÚNICO DE ACCIONES EJECUTADAS Y EN EJECUCIÓN.

<b>PLAZO DEL REPORTE</b> (en días hábiles)	<b>30</b>	Días hábiles desde de la notificación de la aprobación del Programa.
<b>ACCIONES A REPORTAR</b> (N° identificador y acción)	<b>N° Identificador</b>	<b>Acción a reportar</b>
	<b>3</b>	Presentación de informe de avance
	<b>4</b>	Restricciones de no Operar las calderas durante las restricciones durante los días declarados como emergencias ambientales
	<b>4</b>	

#### 3.2 REPORTE DE AVANCE

##### REPORTE DE ACCIONES EN EJECUCIÓN Y POR EJECUTAR.

##### TANTOS REPORTE COMO SE REQUIERAN DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES REPORTADAS Y SU DURACIÓN

<b>PERIODICIDAD DEL REPORTE</b> (Indicar periodicidad con una cruz)	<b>Semanal</b>	<input type="checkbox"/>	A partir de la notificación de aprobación del Programa.
	<b>Bimensual (quincenal)</b>	<input type="checkbox"/>	

	Mensual		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.
	Bimestral	x	
	Trimestral		
	Semestral		
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción a reportar	
	3	Presentación de Informe de Avance del Desarrollo del Proyecto	
	4	No Operar Calderas los días declarados como Emergencia Ambiental	
	4	Continuar con el desarrollo del Proyecto	
3.3 REPORTE FINAL			
REPORTE ÚNICO AL FINALIZAR LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.			
PLAZO DE TÉRMINO DEL PROGRAMA CON ENTREGA DEL REPORTE FINAL	60	A partir de la finalización de la acción de más larga data.	
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción a reportar	
	4	Presentación de Informe final de Avance de la Implementación de las mejoras contenidas en el Proyecto	
	4	Informe de Presentación de los resultados de mediciones Isocineticas	
	4	Informar los Parámetros logrados con la implementación del Proyecto (30 mg/m3 ≤)	
	4	Informar agregando los respaldos que avalen la implementación del Proyecto (Planos, Fotografías, Informes)	

## 4. CRONOGRAMA

EJECUCIÓN ACCIONES																
En Meses			En Semanas			Desde la aprobación del programa de cumplimiento										
N° Identificador de la Acción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3																
ENTREGA DE REPORTES																
En Meses			En Semanas			Desde la aprobación del programa de cumplimiento										
Reporte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Reporte Inicial																
Reporte de Avance 1																
Reporte de Avance 2																
Reporte de Avance 3																
Reporte de Avance 4																
Reporte final																



## **ANEXO 1**

**“PROYECTO DE IMPLEMENTACION EQUIPOS DE ABATIMIENTO DE PARTICULADO EN  
CALDERAS DE VAPOR Y AGUA CALIENTE PLANTA COMSA LTYDA.”**

**Ubicación:** Ruta 180, Km 20 Camino a Nacimiento

Comuna de Los Ángeles, VIII Región del Bio Bio

Marzo 7 de 2025

## SUMARIO

El presente informe contiene la presentación del Proyecto de Abatimiento de Emisiones de Particulado producto de la combustión de tres Calderas pertenecientes a la Planta Térmica de propiedad de Forestal La Esperanza S.A, Planta COMSA Ltda., ubicada en la Comuna de Los Ángeles

El Proyecto está basado en los resultados de las mediciones Isocinetico realizadas, cuyos valores se encuentran fuera de los rangos definidos por la Norma, cuyas causas se deben a que las calderas solo cuentan con equipos básicos de control de emisiones, a lo cual se suma la carencia de elementos de control de la estequiometria de la combustión.

En lo principal, el objetivo es de este Proyecto es elaborar e implementar un Proyecto de “Abatimiento de emisiones de Particulado”, el cual permita lograr, básicamente tres objetivos:

1. Mejorar el Proceso de combustión de las tres calderas
2. Capturar el Particulado fino derivado de la combustión antes de la Chimenea
3. Cumplir con la Normativa Medioambiental exigida por la Superintendencia de Medioambiente

El cálculo de potencia térmica de cada Caldera, ha permitido determinar que el nivel de emisiones requeridos por la Norma en función de la potencia (inferior a 20MW) de cada una de estas tres calderas, se enmarca dentro del rango inferior a 50 mg/m3.

A continuación, se adjunta un cuadro con los valores DE EMISION permitidos por la Norma en función de la potencia y el tipo de caldera.

Los valores definidos por la Norma expresados en la Tabla 23 adjunta, son en los que se basa el diseño y cálculo de los equipos para el cumplimiento de los mismos.

**Tabla 23. de la Norma. Límites máximos de emisión de MP para calderas y Hornos Industriales**

Tipo de fuente	Potencia Térmica	Límite máximo de emisión de MP para fuentes existentes (mg/Nm3)	Límite máximo de emisión de MP para fuentes nuevas (mg/Nm3)
Calderas	Mayor o igual 75 KWt y menor a 1 MWt	-	50
	Mayor o igual a 1 MWt y menor a 20 MWt	50	30
	Mayor o igual a 20 MWt	30	30

Por último, señalar que en este Informe también se acompaña un resumen de la Ingeniería Básica desarrollada hasta este momento, ya que el Proyecto se encuentra en una Fase de elaboración, basada como se dijo anteriormente en los resultados del actual Informe Isocinetico de las tres Calderas determinados por la Empresa AMBIQUIM.

Se adjunta el Programa Tipo Carta Gantt, conteniendo las diferentes Fases del Desarrollo del Proyecto

**PROYECTO DE IMPLEMENTACION DE EQUIPOS DE ABATIMIENTO DE PARTICULADO EN  
CALDERAS PLANTA COMSA LTDA.**

**1. CONTEXTO GENERAL DEL PROYECTO:**

Planta COMSA de propiedad de Forestal La Esperanza S.A., ubicada en Ruta 180, Km 20 Camino a Nacimiento, posee para su proceso de secado, tres Calderas, cuyo combustible usado en la combustión es biomasa compuesta de, despuntes, viruta y aserrín en una proporción de 50% de cada uno.

Producto del proceso de combustión las calderas emiten material Particulado, el cual fue medido a través del Análisis Isocinetico realizado en el mes de agosto de 2023, cuyos resultados se condensan en el informe que fue emitido a Planta en septiembre del mismo año por la Empresa AMBIQUIN.

Los valores de emisión de Particulado contenidos en el informe Isocinetico mencionado anteriormente, se encuentran fuera de Norma, debido a lo cual, Planta COMSA, ha emprendido un Proyecto, cuyo objetivo permita superar la situación actual, de manera de cumplir con lo dispuesto por la Normativa Técnica de emisiones atmosféricas que entró en vigor el 22 de febrero del 2017.

El decreto Nº 4/2017, del Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Los Ángeles del Ministerio del Medio Ambiente, decreta que las fuentes fijas del tipo Caldera no podrán emitir material Particulado en concentraciones superiores a 50 mg/m3.

El límite de emisiones anterior es concordante con los valores de potencia de cada una de las mismas existentes en Planta COMSA, tal como como se demostrará en las memorias de cálculo del informe final, que será parte del Proyecto.

Resumiendo, el Proyecto emprendido por Planta COMSA, está orientado a cumplir con los valores indicados en la Normativa medioambiental, mostrados en la Tabla adjunta.:

Los requerimientos de la Norma se indican en la Tabla 23, que se acompaña, los cuales señalan en su **Artículo 32.-** Los Límites máximos de emisión de MP a cumplir por las calderas y Hornos Industriales, tanto nuevos como existentes, los cuales se indican a continuación:

<b>Tabla 23. de la Norma. Límites máximos de emisión de MP para calderas y Hornos Industriales</b>			
<b>Tipo de fuente</b>	<b>Potencia Térmica</b>	<b>Límite máximo de emisión de MP para fuentes existentes (mg/Nm3)</b>	<b>Límite máximo de emisión de MP para fuentes nuevas (mg/Nm3)</b>
<b>Calderas</b>	Mayor o igual 75 KWt y menor a 1 MWt	-	50
	<b>Mayor o igual a 1 MWt y menor a 20 MWt</b>	<b>50</b>	<b>30</b>
	Mayor o igual a 20 KWt	30	30

Por tanto, la información mostrada anteriormente es el fundamento del diseño de los equipos de abatimiento contemplados para cumplir con los parámetros establecidos en dicha Norma

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO:**

### **2.1. Objetivos Generales**

- Implementar la tecnología más adecuada, aplicable a las características de las Calderas de la Planta COMSA, lo cual permita controlar la emisión de particulado y consecuentemente, cumplir con lo dispuesto en el D.S N°4/2017 “Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de los Ángeles”.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Diseñar, calcular, Seleccionar, fabricar e implementar en terreno un sistema reductor de emisiones de Material Particulado en base a criterios técnicos relevantes para las Calderas de Planta COMSA Ltda.

### **2.3. Acciones Complementarias**

Lo anterior incluye acciones complementarias, orientadas a mejorar la eficiencia de las calderas desde el punto de vista de la combustión, considerando que, la causa basal de las emisiones, está determinada por la eficiencia del proceso estequiométrico de la combustión que ocurre en el hogar de las mismas.

En este contexto, el esfuerzo estará centrado en:

- Mejorar la combustión en las calderas para minimizar las emisiones, para lo cual se contempla la implementación de instrumentación de control, que permita lograr una combustión más eficiente
- Lo anterior podría significar el eventual reemplazo de aquellos equipos que presenten una disfunción en su diseño, y que, por tanto, dificulten una operación optima de las calderas, o no permitan cumplir con los parámetros ambientales requeridos por la Normativa vigente

## **3. CAUSAS DE GENERACIÓN DE EMISIONES EN LAS CALDERAS**

Las emisiones de las calderas de Planta COMSA Ltda. son altas, debido a que, por una parte, la combustión en el hogar de las mismas es deficiente, y por otra, la capacidad de captación de los equipos de abatimiento de emisiones existentes, son insuficientes para lograr los niveles requeridos por la Normativa Medioambiental

La implementación de la tecnología adecuada, permitirá generar los mecanismos, para lograr un mejor control de la fuente generadora de particulado, como lo es, la eficiencia del proceso de combustión, y, adicionalmente mejorar la eficiencia de captura de material particulado.

#### 4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LAS CALDERAS

Las calderas existentes son tres:

- Una Caldera tipo Mixta (produce vapor y agua caliente)
- Dos calderas de agua caliente

Todas cuentan solo con un equipo de control primario de emisiones, ciclón simple para Caldera 1 y 2, y, filtro de mangas para Caldera 3, respectivamente.

Las calderas son deficitarias en cuanto a Equipos de Control de Emisiones y tecnología de instrumentación para el control de las variables de mayor impacto sobre la estequiometría de combustión.

Las Características de Diseño de las calderas, son las que se indican en la Tabla 1. siguiente:

TABLA N° 1. ESPECIFICACIONES TECNICAS CALDERAS COMSA PROYECTO ABATIMIENTO DE MATERIAL PARTICULADO			
Parámetros de Diseño	Caldera 1	Caldera 2	Caldera 3
Modelo	Escocesa, tres pasos de gases. Vapor Industrial	Bano Italia	PT-800-AC JAAR Ingeniería
N° de Registro D.S. 138	CA-OR-27654	CA-OR-27653	CA-OR-27652
Tipo de Caldera	Mixta: Vapor /Agua Cliente	Piro tubular Agua Caliente	Piro tubular Agua caliente
Año de fabricación	1996	2007	2016
Producción nominal de vapor a 100°C. kgv/hr	4.040		
Producción de vapor efectiva. kgv/hr	3.740		
Sist.de Control de emisiones	Ciclón simple	Ciclón simple	Filtro de mangas
Producción de calor Kcal/hr		2.000.000	688.000
Presión de trabajo máxima bar	9	3	3
Combustible utilizado	Biomasa	Biomasa	Biomasa
Humedad %	45	45	45
P.C.I. kcal/kg	2.295	2.295	2.295
Consumo de combust. kg/hr	1.189	1068	367
Rendimiento térmico	73,5%	75,1	75,1
Lambda	1,6	1,6	1,6

#### 5. NIVEL DE EMISIONES EN LAS CALDERAS

Los resultados de los informes Isocineticos, son los que se indican en la Tabla 2 que se acompaña a continuación.

TABLA 2. VALORES DETERMINANTES DERIVADOS DEL ENSAYO ISOCINETICO							
Identific de la Caldera	Emisión Normal mg/m3N	Emisión Corregida mg/m3N	Exceso de Aire (%)	% de O2	Consumo de Nom de Combustible (Kg/hr)	Caudal de gases (m3N/hr)	Temp. de los gases (°C) en la chimenea
N°1	259,9	552,5	192,5	13,9	1390	9.228,9	119
N° 2	57,2	98,3	133,9	12,2	1200	4.163,4	167
N°3	76,2	90,4	63,3	8,3	1200	854,3	109

Los valores indicados en la Tabla 2. anterior están fuera de la Normativa Medioambiental, en consecuencia, constituyen la base del emprendimiento de las mejoras a implementar con el Proyecto de Control de Emisiones, señalado en el presente Documento Técnico, el que en adelante se denominara, “Proyecto de Abatimiento de Emisiones”.

## 6. AVANCES DEL PROYECTO AL DÍA 25 DE NOVIEMBRE DE 2024

De acuerdo a lo indicado en la Carta Gantt, el Proyecto se encuentra en desarrollo, cuyo avance a la fecha corresponde a la etapa de Ingeniería Básica, por tanto, lo que se presenta a continuación, es la definición de las características de los equipos derivadas de los calculo preliminares

### 6.1. Ingeniería Básica:

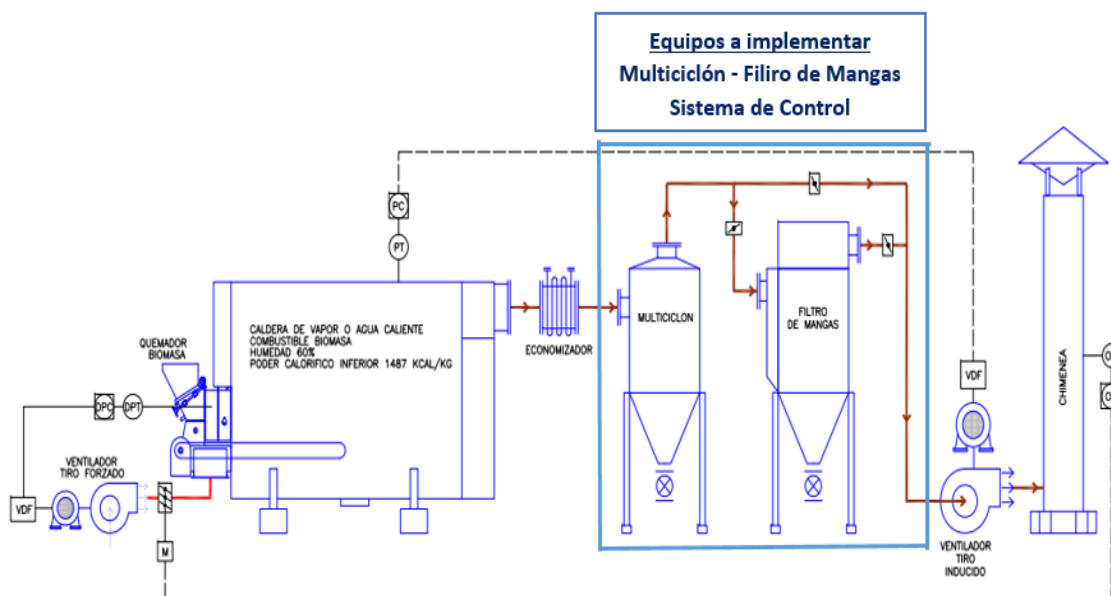
En esta etapa ya se encuentra definida la tecnología que se implementara respecto a:

- Los equipos de captura
- El Sistema de Control para mejorar la combustión de las calderas

Los Equipos y Componentes a implementar en el Proyecto son los que se muestran de forma esquemática en el diagrama que se acompaña, dentro de los cuales se incluyen:

- Separadores Multiciclónicos
- Filtros de manga de Alta Eficiencia
- Ventilador de Aire Inducido
- Ventilador de Aire Forzado

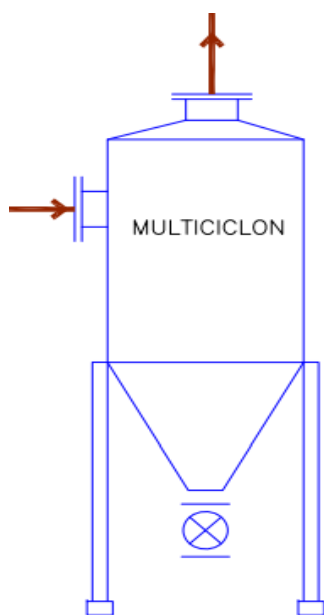
Los equipos anteriores se replican en cada una de las Calderas:



## 7. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

### 7.1. Separadores Multiciclónicos

Fabricación de un separador de partículas sólidas para cada caldera, Multiciclón para retener las partículas en suspensión de los gases de combustión mayores de 5 micrones, álabes fijos para la centrifugación de los gases a la entrada, cámara de expansión rápida y tubos centrales directores de flujo a la salida, tolva receptora de partículas retenidas.



**Separadores Multiciclónicos**

- **Características técnicas de los Multiciclones para cada caldera:**

TABLA 8. CARACTERISTICAS DE LOS MULTICICLONES PARA CADA CALDERA			
Parámetro	Caldera N°1	Caldera N° 2	Caldera N° 3
Caudal de Entrada Amts3/hr	16.325	13.763	4.734
Caída de Presión mbar	10	10	10
Temperatura de Diseño °C	250	250	250
Numero de Tubings c/u	12	9	4
Arreglo c/u	3X4	3x3	2X2
Concentración de partículas de entrada mg/m3	800	800	800
Concentración de partículas de salda mg/m3	200	200	200
Número de Unidades	1	1	1

### 7.2. Filtros de Manga:

El equipo de limpieza principal a implementar es un filtro de mangas tipo baghouse, el cual está diseñado para separar las partículas sólidas en suspensión provenientes de la corriente gaseosa de la Caldera haciéndola pasar a través de una serie de mangas con tejido, capaz de retener las partículas y decantarlas para ser recuperadas como cenizas.

Los Filtros considerados son de alto rendimiento, con sistema de auto limpieza por impulsos (Pulse jet), cuyas características técnicas se resumen en la tabla Nª 6, que se muestra en el presente informe

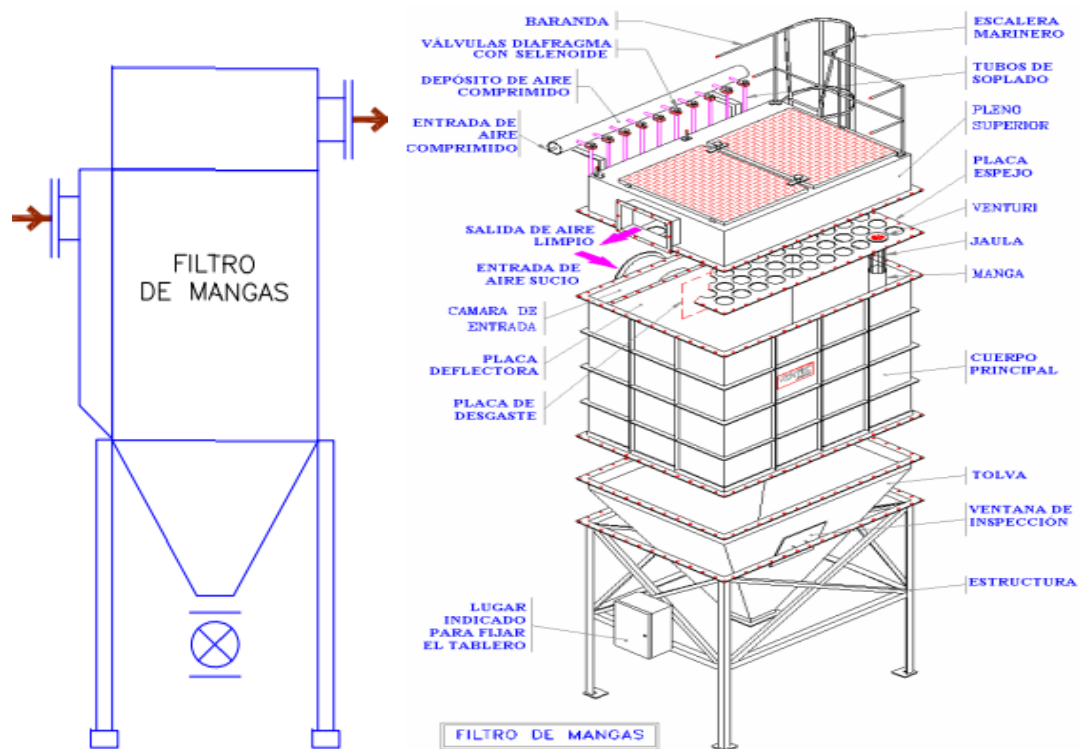


Fig. 3. Filtro de Mangas tipo baghouse

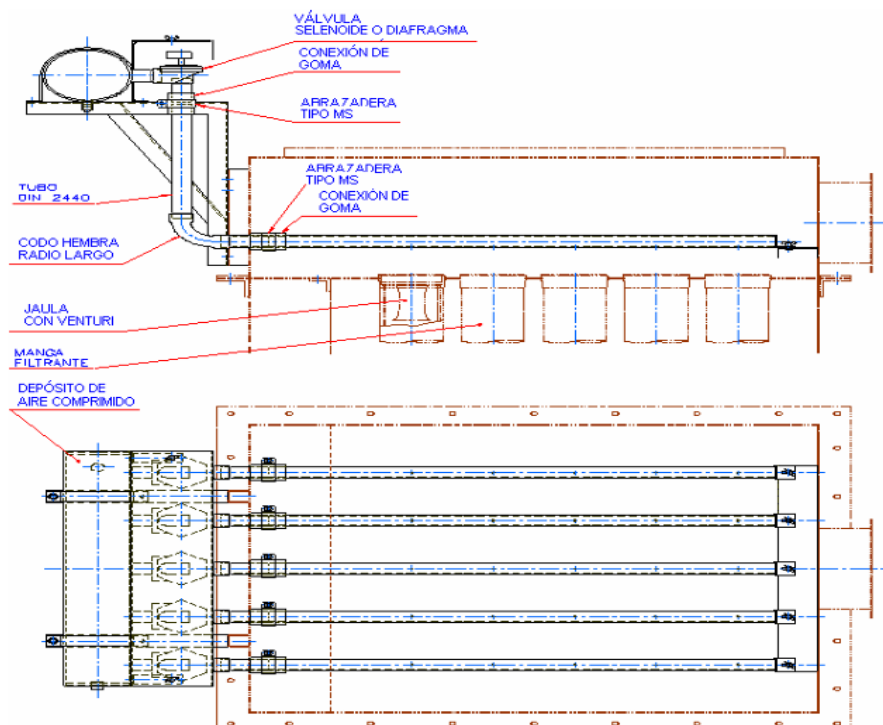


Fig.4. Vista general en Planta del Sistema de inyección de Aire a las Magnas

TABLA 6. PARAMETROS DE DISEÑO DE LOS FILTROS DE MANGA PROPUESTOS PARA CADA CALDERA			
Parámetros	Caldera 1	Caldera 2	Caldera 3
Caudal de gases de entrada (Amts3/hr) a 200 (°C)	16.325	13.762	4.734
Temperatura máxima en mangas (°C)	250	250	250
Temperatura Máxima de diseño: (°C)	250	250	250
Concentración de polvo a la entrada (mm./m3)	800	800	800
Densidad aparente Kg/m3 a 205 °C	0,707	0,707	0,707
Humedad relativa máxima (%)	90	90	90
Sistema de operación	En depresión	En depresión	En depresión
Localización para funcionamiento	Exterior	Exterior	Exterior
Máxima depresión de trabajo (mbar)	45	45	45
Área filtrante (mts2)	362,78	305,81	105,20
Velocidad de filtración máxima calculada(m/min)	0,75	0,75	0,75
Presión de Diseño (mbar)	-60	-60	- 60
Máxima pérdida de carga (mbar)	15	15	15
Caudal Aire de limpieza (m3/hr) por c/1.000 m3/hr gas	0,5-2	0,5-2	0,5-2
Presión de Aire (bar máximo)	7	7	7
Canastillos, 158 Φ x 3.657 MM, 20 varillas	195	165	64
Mangas PTFE de 750 gr/m2, 150 Φ x 3.657 mm	195	165	64
Venturi	195	165	64
Válvulas pulse jet DN 40	13	11	8
Controlador de tiempo, 220 vac/24 dc (Timer)	1	1	1
Válvulas rotatorias, Bocas de entrada:100 x 100 mm Φ, Ac. C45, con moto reductor de 0,75 HP, 380 volts, 30 RPM, Flujo: 2 m3/hr	1	1	1

### 7.3.Ventiladores de aire

- Parámetros de diseño de los ventiladores de Tiro Inducido y Tiro Forzado

Tabla Nª 7. PARAMETROS DE DISEÑO PARA VENTILADORES DE AIRE FORZADO E INDUCIDO				
Ventilador	Parámetros de Diseño	Caldera 1	Caldera 2	Caldera 3
Aire Inducido	Diseño Rodete	Rodete abierto	Rodete abierto	Rodete abierto
	Temp. de servicio (°C)	225	225	225
	Caudal: Amts3/hr	16.998	14.491	4.985
	Presión (mbar)	35	35	35
	Velocidad de giro rpm	1.500	1.500	2.900
	Potencia Motor Elect.	50 Hp,380 Volt	40 Hp,380 Volt	15 HP , 380 volt
	Material Carcasa	Ac. A 36	Ac. A 36	Ac. A 36
Aire Forzado	Diseño	Rodete airfol	Rodete airfol	Rodete airfol
	Temp. de servicio (°C)	30	30	30
	Caudal: Amts3/hr	6.590	5.915	2.035
	Presión (mbar)	12	12	12
	Velocidad de giro rpm	2.900	2.900	2.900
	Potencia Motor Elect.	5,5 Hp, 380 volt	5,5 Hp, 380 volt	3 HP, 380 volt
	Material carcasa	Ac. A 36	Ac. A 36	Ac. A 36

## **8. CRONOLOGÍA DE DESARROLLO DEL PROYECTO.**

Para mayor claridad de las actividades y etapas a desarrollar para lograr la implementación total del Proyecto, Junto a este documento, se adjunta un Programa tipo Carta Gantt, en el cual se describen las diferentes etapas e hitos más relevantes de forma macro, los cuales se cumplirán en los plazos establecidos.

Independientemente de lo establecido en el programa de desarrollo del Proyecto, Planta Consorcio Maderero Forestal La Esperanza S.A., hará sus mejores esfuerzos para completar el Proyecto antes de los plazos establecidos.

Sin embargo, y a pesar de la disposición emanada de la Gerencia de la empresa, existen externalidades que, pudieran afectar el normal desarrollo del Proyecto, como lo son los plazos de fabricación de los equipos por parte de proveedores y la situación financiera derivada de los mercados

**INFORME TÉCNICO  
2024-074**

Consorcio Maderero S.A

Diciembre 2024

CARRASCO INGENIEROS LTDA.

Av. Laguna Redonda 2027  
Of.126, Concepción

Fono: 41 - 2994674  
E-mail: [carring@carring.cl](mailto:carring@carring.cl)  
Web: [www.carring.cl](http://www.carring.cl)

## EVALUACIÓN DE COMBUSTIÓN CALDERAS N°1, 2 y 3

CONSORCIO MADERERO S.A

INFORME 2024-074  
Revisión C



Rev.	Fecha	Empresa	Emisión	Preparado	Revisado	Aprobado
A	18/12/2024	Carring Ltda.	Revision Interna	V. Cabrera CARRING	A. Carrasco CARRING	-
B	23/12/2024	Carring Ltda.	Para Comentarios	V. Cabrera CARRING	A. Carrasco CARRING	O. Hidalgo

## INDICE

1.	INFORMACIÓN GENERAL .....	4
2.	INTRODUCCIÓN .....	5
3.	OBJETIVOS .....	5
4.	EQUIPOS DE MEDICIÓN .....	5
5.	DESCRIPCIÓN DEL TEST Y PROCEDIMIENTOS .....	6
5.1	Descripción de parámetros de eficiencia .....	6
6.	RESULTADOS .....	7
6.1	Datos de operación y condiciones del ensayo .....	7
6.2	Eficiencia de la caldera .....	10
6.3	Consumo de combustible .....	11
6.4	Flujo de gases y presiones .....	12
6.5	Hallazgos .....	13
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	15

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del test	Evaluación Combustión y Eficiencia Térmica en Calderas N°1, 2 y 3.
Metodología test	Cálculo de combustión.
Propietario	Consorcio Maderero S.A.
Nombre encargado ensayo	Andrés Carrasco C.
Personal que participa en el test	Francco Arzola – Víctor Cabrera.
Encargado de planta / cargo	Oscar Hidalgo / Diseñador.
Fecha ensayo	02/12/2024

Tabla N°1: Especificaciones técnicas calderas.

N° Caldera	Caldera 1	Caldera 2	Caldera 3
Fabricante caldera	Vapor Industrial S.A	Bano	Jaar Ingeniería
Capacidad caldera	3.740 kg/h vapor	2.000.000 kcal/h	800 kW
Año de fabricación	1996	2007	2016
Eficiencia indicada por fabricante	No especificada	No especificada	No especificada

La información de la tabla fue obtenida de la placa de datos de las calderas situada en terreno (ver en anexos).

## 2. INTRODUCCIÓN

Se requiere evaluar la condición de combustión y eficiencia de las calderas N°1, 2 y 3 de la planta Consorcio Maderero S.A. Los resultados se utilizarán para diseñar un nuevo sistema de abatimiento de emisiones.

La determinación de la eficiencia térmica de la caldera se llevará a cabo utilizando los instrumentos de medición de Carring Ltda.

Los datos de las mediciones para el ensayo se obtienen de mediciones directas efectuadas por Carring Ltda, los cuales se entregan en anexos.

## 3. OBJETIVOS

Los objetivos del ensayo a la caldera son:

- Medir flujo, temperatura y presión de gases de combustión de cada caldera.
- Determinar la eficiencia de las tres calderas en condiciones actuales de operación.
- Entregar recomendaciones de mejora.

## 4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

Las mediciones requeridas para la medición de eficiencia térmica de la caldera se realizaron con los siguientes equipos de Carring Ltda.

Tabla N°2: Equipos de medición

Equipo	Marca	Modelo	Rango
Termómetro Digital (T-015)	Testo	925	-30°- 1000°C
Tubo pitot "S" (V-006)	Udec	TMF 555	1 .. 40 m/s
Manómetro diferencial portátil (P-042)	PCE	P05	-344 a +344 mbar
Manómetro diferencial portátil (P-012)	Testo	Testo 512	0 a 200 mmca
Analizador de Gases	Testo	340	0 .. 10000 ppm CO 0 ..25% O2

## 5. DESCRIPCIÓN DEL TEST Y PROCEDIMIENTOS

### 5.1 Descripción de parámetros de eficiencia

Para la determinación de las condiciones de operación de la caldera de la planta térmica se utilizará la siguiente metodología de cálculo.

#### Eficiencia Térmica:

La eficiencia térmica de las calderas se determina utilizando el método simplificado de balance energético de la norma ASME PTC 4. El cual consiste en determinar las pérdidas de energía de la caldera tomando como base el poder calorífico del combustible utilizado. Una vez determinadas estas pérdidas de calor la eficiencia se calcula como sigue:

$$\eta = \left( 1 - \frac{L}{H_f + B} \right) \times 100 \text{ donde;}$$

- |                |   |  |
|----------------|---|--|
| L              | : | pérdidas de calor  |
| H <sub>f</sub> | : | Poder Calorífico del Combustible   |
| B              | : | Ganancias de calor (en este caso B=0 debido a que se considera la temperatura de referencia la misma del aire y el combustible). |

Las pérdidas de calor consideradas en este ensayo son:

- Pérdidas por gases de combustión.
- Otras pérdidas.

La metodología considera la eficiencia térmica teniendo en cuenta el poder calorífico inferior (PCI), que entrega como resultado la eficiencia real.

## 6. RESULTADOS

Los resultados del ensayo de la caldera se entregan a continuación.

### 6.1 Datos de operación y condiciones del ensayo

La determinación de la eficiencia de la caldera se basa en los datos obtenidos de mediciones efectuadas por Carring Ltda. Los datos operación corresponden al día 2 de diciembre del 2024 entre las 10:00 y 14:00 horas. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

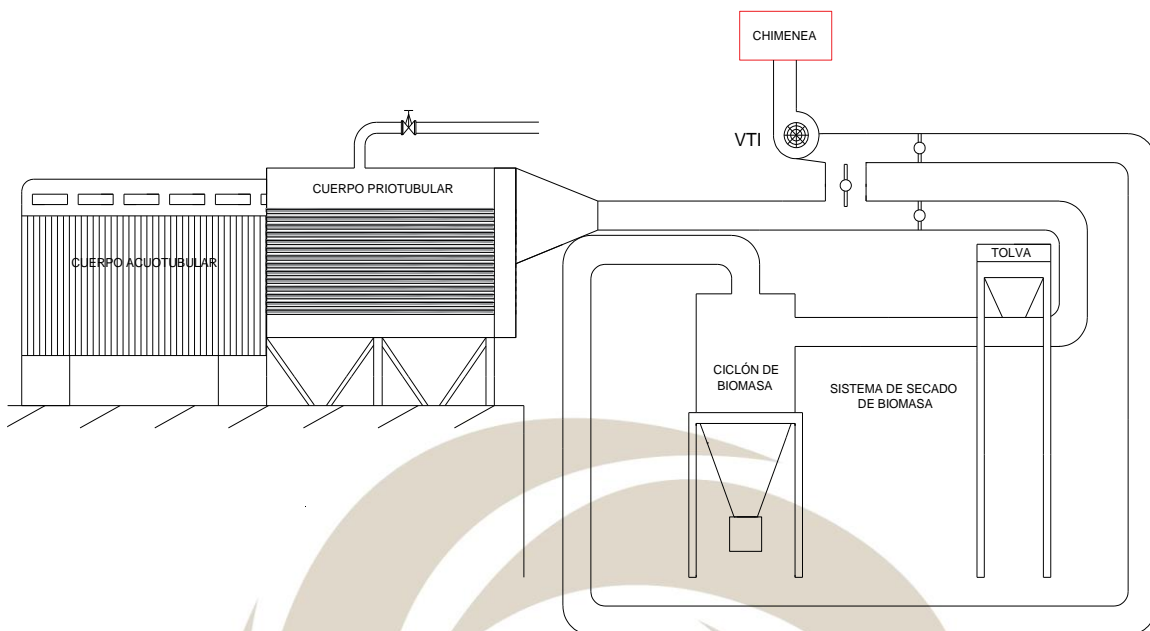
Tabla N°3: Datos de operación caldera N°1, 2 y 3 durante ensayo eficiencia.

Parámetros Medición de Eficiencia	unidades	Caldera 1	Caldera 2	Caldera 3
Temperatura aire ambiente (referencia)	°C	25	25	25
Temperatura gases de salida	°C	142	180	180(*)
% Carga	%	76,1	69	100(*)
Humedad biomasa húmeda	% base hum	61	16	55
Poder calorífico superior biomasa (as fired)	kcal/kg	1.862	4.011	2.149
Poder calorífico inferior biomasa (as fired)	kcal/kg	1.383	3.625	1.682
Exceso de aire	%	250	80	80
Contenido de O <sub>2</sub> en gases	% base seca	15,1	9,4	9,4
Contenido de CO en gases	% base seca	0,1 – 3,0	0,1 – 3,0	0
Contenido de CO <sub>2</sub> en gases	% base seca	5,4	10,6	10,6

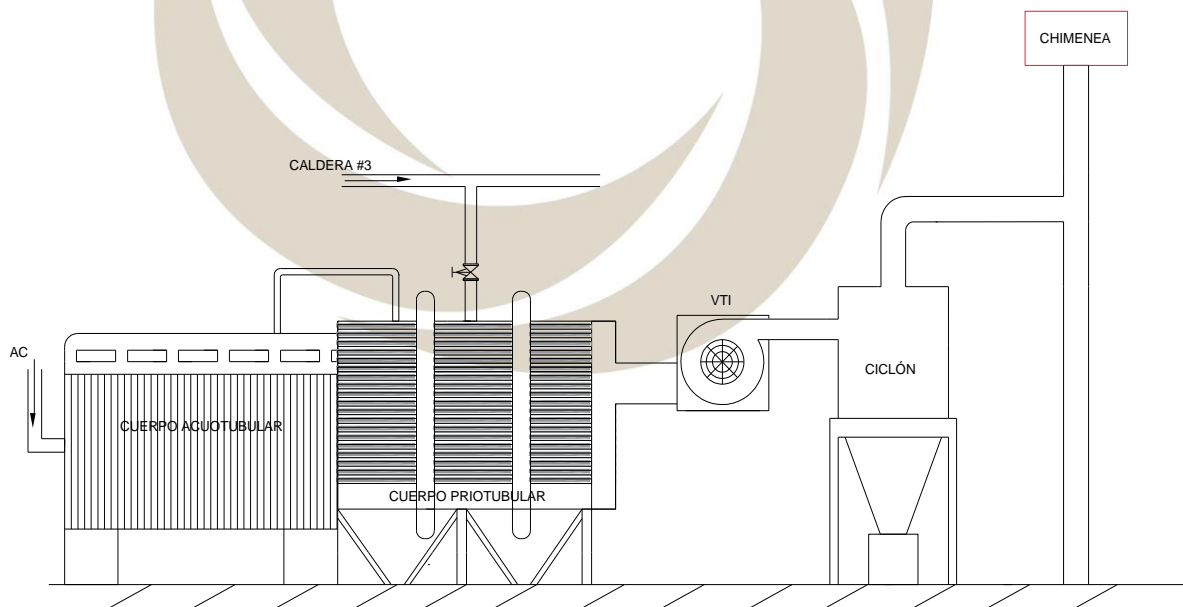
- Los datos de contenido de los gases para la caldera 3 se estimaron en base a un 80% exceso de aire, debido a la imposibilidad de obtener mediciones de este equipo.
- Según las mediciones el contenido de CO podría estar llegando en el peor de los casos a 3% lo que indica una combustión incompleta y provocaría una pérdida de eficiencia por combustible no quemado, que podría reflejarse en una disminución considerable de rendimiento térmico.

(\*) Debido a la baja carga no se pudo obtener mediciones confiables por lo que se debieron estimar valores.

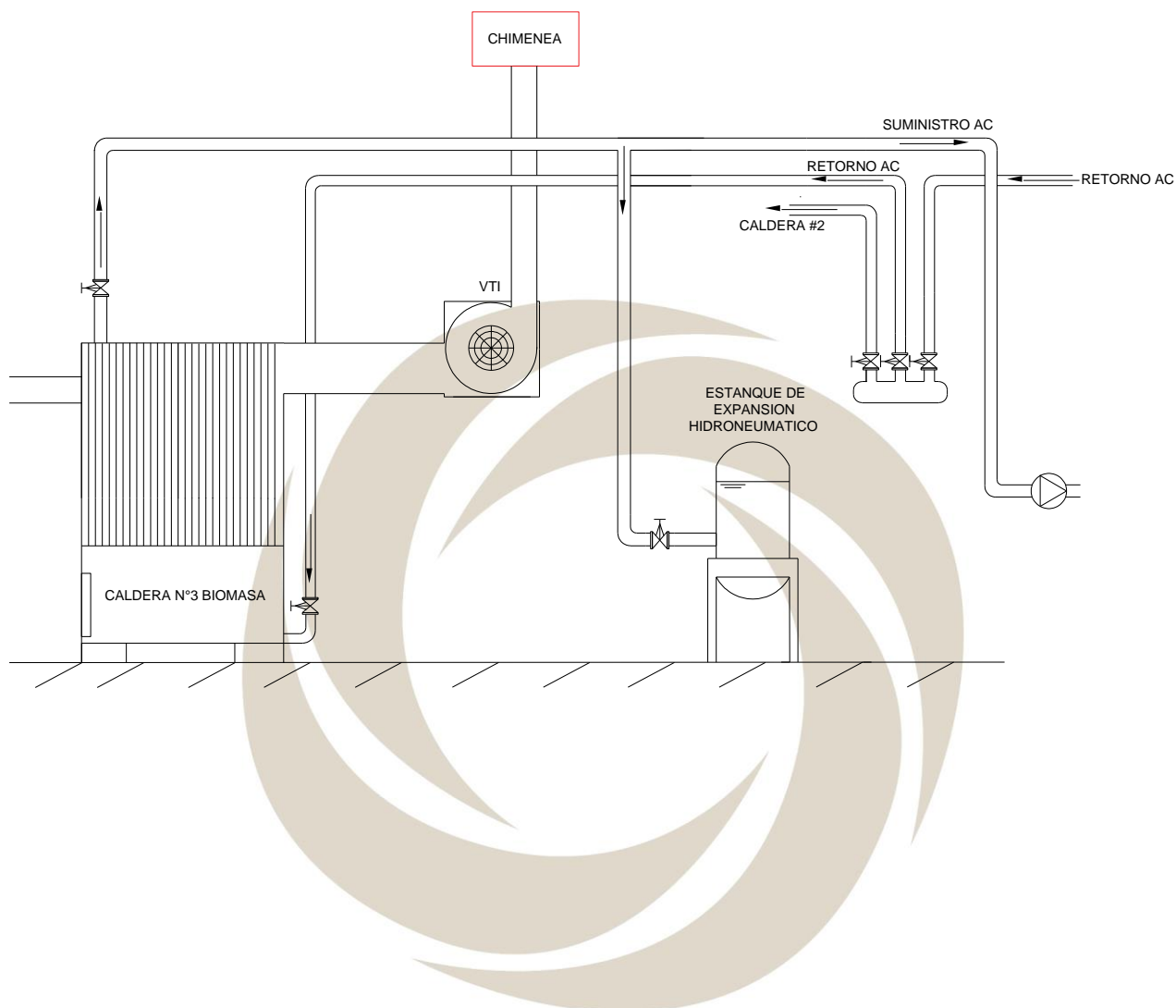
Esquema N°1: Representación instalación caldera N°1.



Esquema N°2: Representación instalación caldera N°2.



Esquema N°3: Representación instalación caldera N°3.



## 6.2 Eficiencia de la caldera

A continuación, se presentan tablas de resumen de eficiencia para cada caldera.

Tabla N°4: Resumen eficiencia para caldera N°1, 2 y 3.

Parámetro		Pérdida % combustible AF (Base PCI)		
		Caldera 1	Caldera 2	Caldera 3
Pérdida calor debido a gases (total)		21,4	11,7	15,5
Otras pérdidas (rad-conv, calor sensible, etc.)		1,5	1,5	1,5
Total pérdidas		22,9	13,2	17,0
<b>Eficiencia térmica</b>	<b>% base PCI (real)</b>	<b>77,1</b>	<b>86,8</b>	<b>83,0</b>

Comentarios respecto de la eficiencia de la caldera:

- Considerar pérdida adicional debido a que cuando la combustión es incompleta, se produce Monóxido de carbono (CO) en lugar de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), disminuyendo el poder calorífico del combustible.
- Si la concentración de CO llega al 3% la pérdida de rendimiento es de aproximadamente 20%.
- Se considera una pérdida por radiación y convección, calor sensible en desechos de 1,5% base PCI.
- La eficiencia esperada para este tipo de calderas de baja presión y temperatura de operación es del orden de 82% a 85% en base PCI.

### 6.3 Consumo de combustible

Uno de los resultados del ensayo de eficiencia térmica es el cálculo del consumo de combustible.

Tabla N°5: Cálculo Mezcla de Combustible Biomasa

Parámetro	Unidades	Caldera 1	Caldera 2	Caldera 3
Flujo energía neto	kcal/h	1.561.588	1.381.716	687.843
Eficiencia PCI	%	77,1	86,8	83,0
Flujo energía combustible	kcal/kg	2.025.368	1.591.839	814.015
PCI	kcal/kg	1.383	3.625	1.682
Humedad	% bh	61	16	55
Flujo combustible	kg/h	<b>1.464</b>	<b>439</b>	<b>484</b>

Comentarios respecto de los flujos de combustible:

- El flujo de combustible se ve notoriamente incrementado cuando el Monóxido de carbono (CO) aumenta sobre el 0,5% (volumen).
- El suministro de combustible en las calderas es por batch, es decir no es una alimentación continua lo cual genera episodios de alto monóxido con deficiencia de oxígeno (O<sub>2</sub>) cuando se alimenta la caldera, y alto exceso de aire cuando se consume el combustible, ambas situaciones son perjudiciales tanto para la eficiencia térmica, como para la generación de emisiones de CO y material particulado total (MPT).
- La caldera 3, opera con tablas de pino húmedas. Según el dato de placa la caldera debe operar con madera seca con poder calorífico de 3.350 kcal/kg, equivalente a humedad de 30% base húmeda (43% base seca).

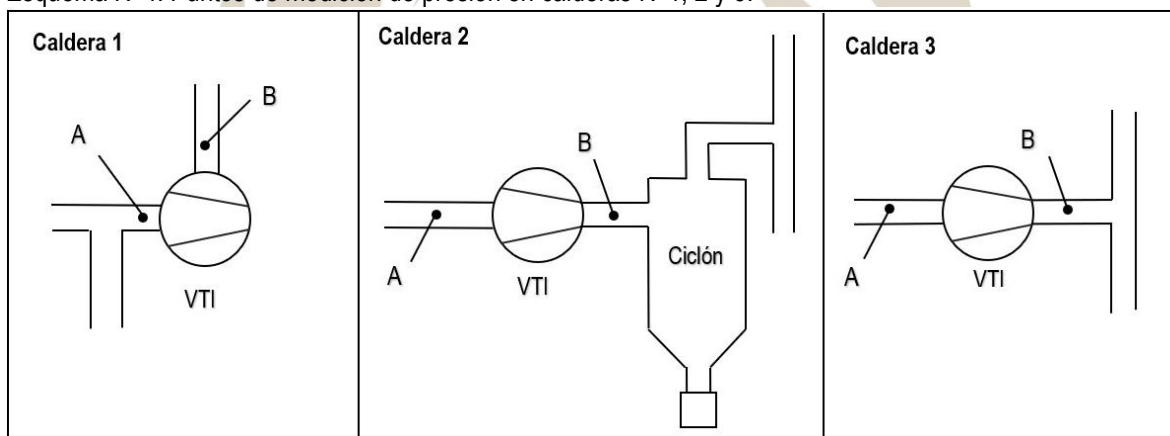
## 6.4 Flujo de gases y presiones

A continuación, se presentan los resultados de la medición de flujo a la salida de los gases con sus respectivas presiones en los casos que fue posible.

Tabla N°6: Flujos de gases.

Caldera	Flujo gases nominal	Flujo gases medido	Presión de entrada (A)	Presión de salida (B)
1	10.007 kg/h <sub>wet</sub> 13.704 m <sup>3</sup> /h <sub>real</sub>	14.251 kg/h <sub>wet</sub> 17.419 m <sup>3</sup> /h <sub>real</sub>	(*)	(*)
2	6.798 kg/h <sub>wet</sub> 8.798 m <sup>3</sup> /h <sub>real</sub>	4.696 kg/h <sub>wet</sub> 6.078 m <sup>3</sup> /h <sub>real</sub>	-164 mmH <sub>2</sub> O	-27 mmH <sub>2</sub> O
3	3.051 kg/h <sub>wet</sub> 4.126 m <sup>3</sup> /h <sub>real</sub>	3.051 kg/h <sub>wet</sub> (*) 4.126 m <sup>3</sup> /h <sub>real</sub> (*)	-5 mmH <sub>2</sub> O	-63 mmH <sub>2</sub> O
<b>TOTAL</b>	<b>19.856 kg/h<sub>wet</sub></b> <b>26.628 m<sup>3</sup>/h<sub>real</sub></b>	<b>21.998 kg/h<sub>wet</sub></b> <b>27.949 m<sup>3</sup>/h<sub>real</sub></b>	-	-

Esquema N°4: Puntos de medición de presión en calderas N°1, 2 y 3.



Comentarios:

- El secador de biomasa se encontraba fuera de servicio el día de medición.

(\*): Debido a las fugas de gases de combustión no fue posible acceder al punto para medir la presión de succión y descarga del ventilador de tiro inducido.

## 6.5 Hallazgos

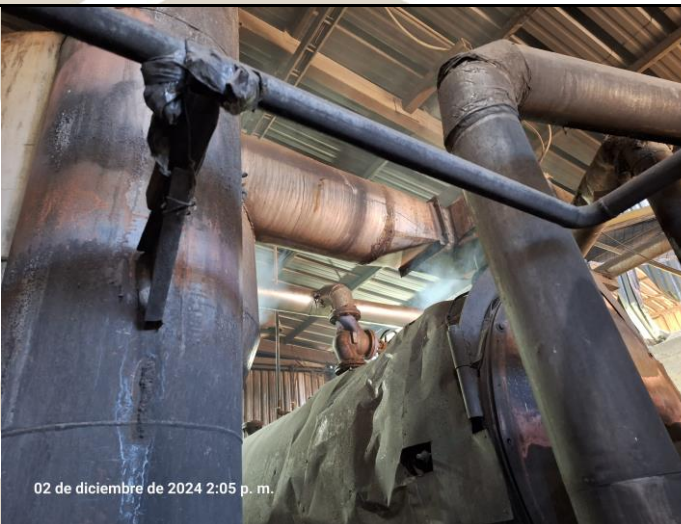
Durante las mediciones se realizaron los siguientes hallazgos en las calderas involucradas.

Hallazgo	Foto
Caldera 1: Se evidencian filtraciones de gases a sector transitado (bajo en contenido de oxígeno y alto en monóxido de carbono) nocivos para la salud.	
Caldera 1: Acceso inadecuado a lugar de toma de mediciones, base riesgosa (inclinada) y escalera a un metro de altura.	

Caldera 1: Falta protección mecánica en el acoplamiento de la bomba AC.



Caldera 2: Se evidencian filtraciones de gases a sector transitado (bajo en contenido de oxígeno y alto en monóxido de carbono) nocivos para la salud.



Caldera 2: Ventilador de aire forzado está completamente cerrada en la succión, esto indica que el ingreso de aire es mínimo a través del ventilador. Sin embargo, en la chimenea se mide alto exceso de aire. Lo que indica que se está infiltrando aire en el circuito de gases.



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones de la evaluación de combustión de las calderas N°1, 2 y 3 son las siguientes:

- a) Durante las mediciones las cargas de operación de las calderas 1 y 2 (76,1% y 69% respectivamente) se encuentran en un rango aceptable en cambio la caldera 3 estaba a la mínima carga por lo que no se logró medir.
- b) Las mediciones de humedad del combustible indican que la caldera 2 utiliza combustible seco, en cambio las calderas 1 y 3 utilizan combustible húmedo. La caldera 1 cuenta con un secador de biomasa y antehogar refractario, por lo que puede quemar combustible con humedad no superior al 50% base húmeda. En el caso de la caldera 3, no cuenta con calentador de aire ni antehogar, el diseño indica que la humedad máxima es de 30% base húmeda.
- c) Los valores de eficiencia térmica de las calderas obtenidos para la caldera 1 fue de 77,1% y de 86,8% para la caldera 2. Debe considerarse que debido al tipo de alimentación de combustible en batch, la eficiencia sube y baja junto con el exceso de aire y las emisiones de material particulado. Se recomienda implementar un sistema de la alimentación de combustible continuo.
- d) Se debe considerar un factor de disminución de la eficiencia térmica es generado por las altas emisiones de CO, ya que no se libera todo el poder calorífico del combustible. Lo que en definitiva provoca una demanda mayor de combustible y a su vez aumento de las emisiones.
- e) El flujo total de las tres calderas obtenido fue de 21.998 kg/h<sub>wet</sub> (27.949 m<sup>3</sup>/h<sub>real</sub>) considerar sistema de abatimiento respecto a este valor. El valor de la caldera 3 es calculado a máxima capacidad.
- f) El tipo de alimentación del combustible (batch) no es el adecuado, y por contraparte colabora con la generación de emisiones. Debido a que implica la carga intermitente de combustible, lo que dificulta un control constante de la combustión. Este sistema puede provocar fluctuaciones en la temperatura y el exceso de aire, favoreciendo una combustión incompleta.
- g) Las mediciones de Oxígeno en los gases de combustión indican alto exceso de aire. Esta condición es perjudicial para la eficiencia térmica de la caldera. Sin embargo la mayoría de este exceso de aire proviene de infiltraciones en el hogar y ductos que se encuentran con fisuras o roturas. El aire infiltrado no participa de la combustión, impidiendo el ingreso de aire bajo la parrilla. Provoca que en el hogar la presión sea positiva y salgan gases de combustión hacia el exterior de la caldera. Como resultado, se generan emisiones no deseadas y disminución de la eficiencia térmica del sistema.
- h) Las mediciones del contenido de CO indican que se encuentra en rango explosivo, esta condición se produce cuando su concentración supera el 0,8% vol y cuando el O<sub>2</sub> es mayor a 12% vol.
- i) Se recomienda tener en consideración que el tipo de sistema de abatimiento que sea compatible con la condición del gas con alto en CO y partículas incandescentes, evaluar instalación de Venturi Scrubber.

Andres Carrasco C.  
Ingeniero Civil Mecánico

Víctor Cabrera B.  
Ingeniero Civil Mecánico

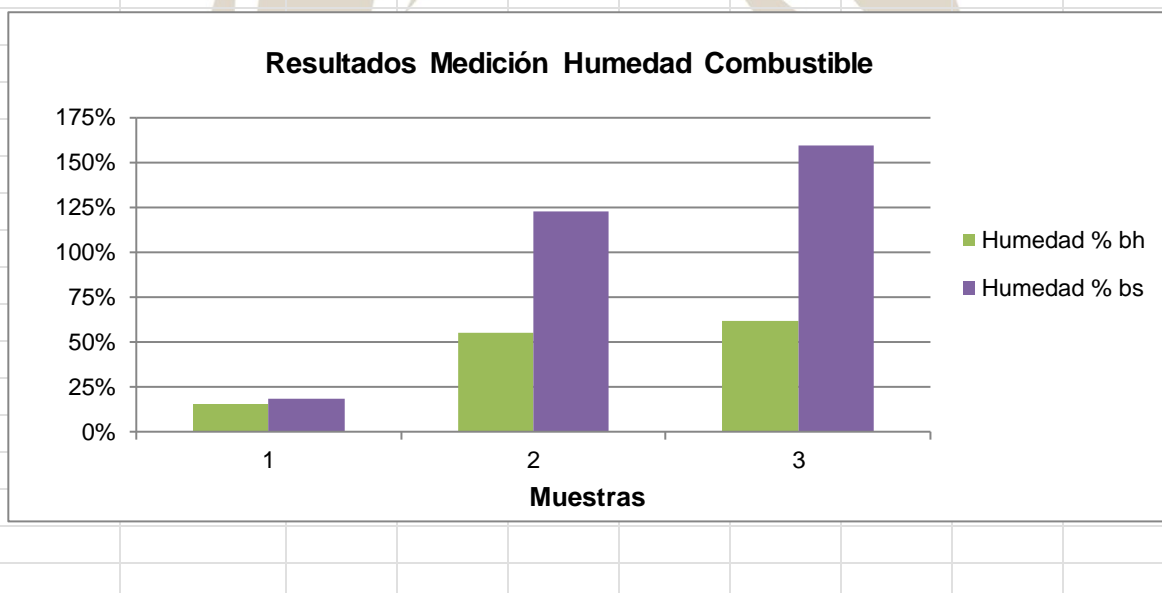
Carring Ltda.

## Listado de Anexos

- Anexo N°1: Planilla medición de humedad combustible.
- Anexo N°2: Placa caldera N°1.
- Anexo N°3: Planilla flujo con tubo Pitot caldera N°1.
- Anexo N°4: Planilla calculo combustión caldera N°1.
- Anexo N°5: Planilla de cálculo de mezcla combustible y poder calorífico caldera N°1.
- Anexo N°6: Planilla calculo nominal combustión caldera N°1.
- Anexo N°7: Planilla de cálculo nominal de mezcla combustible y poder calorífico caldera N°1.
- Anexo N°8: Placa caldera N°2.
- Anexo N°9: Planilla flujo con tubo Pitot caldera N°2.
- Anexo N°10: Planilla calculo combustión caldera N°2.
- Anexo N°11: Planilla de cálculo de mezcla combustible y poder calorífico caldera N°2.
- Anexo N°12: Planilla calculo nominal combustión caldera N°2.
- Anexo N°13: Planilla de cálculo nominal de mezcla combustible y poder calorífico caldera N°2.
- Anexo N°14: Placa caldera N°3.
- Anexo N°15: Planilla calculo combustión nominal caldera N°3.
- Anexo N°16: Planilla de cálculo de mezcla combustible y poder calorífico nominal caldera N°3.

Anexo N°1: Planilla medición de humedad combustible.

Carring Ltda.		<b>Planilla Medición de Humedad Combustible</b>							
Empresa		Consorcio Maderero							
Equipo		Calderas 1 - 2 - 3							
Fecha Informe		02-12-2024							
Bandeja N°	Descripción	Tara	Bruto 1	Bruto 2	Agua	Húmedo	Seco	Humedad	
		g	g	g	g	g	g	% bh	% bs
1	Caldera 2	281	509	473	36	228	192	16%	19%
2	Caldera 3	279	517	386	131	238	107	55%	122%
3	Caldera 1	273	460	345	115	187	72	61%	160%
Fecha toma muestras		2 de diciembre de 2024				Resp	Andrés Carrasco		
Fecha análisis		3 de diciembre de 2024				Resp	Andrés Carrasco		



Anexo N° 2: Placa caldera N°1.



Anexo N°3: Planilla flujo con tubo Pitot caldera N°1.

Carring Ltda.

Hoja Cálculo de Flujo con Tubo Pitot / Anemómetro

1 Empresa

2 Fecha

3 Equipo

4 Sección

5 Dimensiones

Consortio Maderero

02-12-202413:00

Chimenea Caldera 1

Rectangular0

Circular1

Largo / Alto0

Ancho0

Diámetro0,66

I

II

III

IV

V

VI

6 Presión, Temperatura, humedad

presión (mmca)

Tª (°C)

2,0

150

Promedio

2,0

150

6 Densidad Gases

PM

% vol<sub>wet</sub>

densidad

O<sub>2</sub>

32

13,0%

1,43

N<sub>2</sub>

28

68,2%

1,25

CO<sub>2</sub>

44

4,7%

1,96

H<sub>2</sub>O

18

14,1%

0,80

Densidad base húmeda

1,24

kg/Nm<sup>3</sup><sub>wet</sub>

Densidad Real

0,80

7 Velocidad

Velocidad m/s

14,6

15,1

14,5

14,2

13,6

14,4

Promedio14,4

Velocidad promedio

14,4

m/s

8 Flujo

Area

0,342m<sup>2</sup>

Flujo Real

Flujo Normal

Flujo másico

Flujo Total

4,93Am<sup>3</sup>/s-wet

3,18Nm<sup>3</sup>/s-wet

3,96Nm<sup>3</sup>/s-wet

17.745Am<sup>3</sup>/h-wet

11.457Nm<sup>3</sup>/h-wet

14.251kg/h-wet

15.243Am<sup>3</sup>/h-dry

9.842Nm<sup>3</sup>/h-dry

12.241kg/h-dry

#### Anexo N°4: Planilla de cálculo combustión caldera N°1

<b>CARRING Ltda.</b>						
<b>Planilla de cálculo de productos de combustión</b>						
Empresa	Consortio Maderero	Salida Calentador Aire		02-12-2024		
Caldera N°1		PCS b.s.	4.775	kcal/kg	19.993	kJ/kg
Combustible	DHM	PCI b.h.	1.383	kcal/kg	5.791	kJ/kg
Flujo comb	kg/h	1.464	2 Gcal/h	2 MW		
r aire	kg/kg as	0,012	EFICIENCIA	77,1%		
Exceso de aire	%	250%	FLUJO VAPC	2.848	kg/h	
Temp aire comb	°C	25		0,8	kg/s	
Temp gases com	°C	142				
PM	kg/kmol	32	44	18	64	28
Composición	Req O2 esteq	CO2	H2O	SO2	N2	
	% peso	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
C	19,5	0,521	0,716			
H	2,7	0,218	0,246			
S	0,0	0,000		0,000		
O2	16,0	-0,160				
N2	0,0				0,000	
H2O	61,0		0,610			
Ceniza	0,8					
Total combustib	100	0,580	0,716	0,856	0,000	0,000
N2 esteq	kg/kg				1,908	
Humedad aire	kg/kg		0,030			
Exceso de aire	kg/kg	1,449			4,771	
Total requerido	kg/kg	2,029	0,716	0,886	0,000	6,679
	Nm3/kg	1,420				
		O2	CO2	H2O	SO2	N2
Gases chim	Nm3/kg	1,015	0,365	1,102	0,000	5,343
	% vol	13,0%	4,7%	14,1%	0,00%	68,3%
						100,0%
Aire esteq	kg/kg	2,488				densidad
Aire total	kg/kg	8,708	Nm3/kg	6,764		1,287
Total gases	kg/kg	9,731	Nm3/kg	7,825		1,244
		% vol bs		% vol bh		
Analisis Orsat	O2	15,1	13,0			
	CO2	5,4	4,7			
		Nm3/h	11.459	4,0	kg/s	
Flujo de gases	kg/h	14.250	m3/h real	17.419	3,2	Nm3/s
Flujo de aire	kg/h	12.753	m3/h real	10.812	2,8	Nm3/s
		Nm3/h	2,75	3,5	kg/s	
<b>Energía gases</b>						
		gases	aire	Total		kcal/h
kcal/kg comb		297	-0,1	-918,5332	296	434.099
PCI combustible		mezcla				
kcal/kg comb		1.383				2.025.368
Eficiencia gases		78,6%				21,4%
Total Pérdid Gases		21,4%				

Anexo N°5: Planilla de cálculo de mezcla de combustible y poder calorífico caldera N°1.

<b>Cálculo Mezcla de Combustible Biomasa</b>					
	1	0			
	Biomasa	Polvo			
Flujo vapor	2.848		kg/h		
Salto entalpía	548		kcal/kg		
Flujo energía neto	1.561.558		kcal/h		
Eficiencia PCI	77,1%		%		
Flujo energía combu	2.025.368		kcal/kg	2,4 MW	
PCI	1383	4422	kcal/kg		
Humedad	61	0,0	% bh	Combust total	
Flujo combustible	1.464	0	kg/h	1.464	kg/h
Flujo de energía	2.025.368	0	kcal/h		
Composición combustible	100%	0%	% energía		
	100%	0%	% peso		
	Base seca		Base húmeda		
	Corteza pino	polvo pino	Corteza pino	polvo pino	Mezcla
C	50,1	50,1	19,5	50,1	19,5
H	7,0	7,0	2,7	7,0	2,7
S	0,0	0,0	0,000	0,0	0,000
O2	41,0	41,0	16,0	41,0	16,0
N2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H2O	0,0	0,0	61	0	61,0
Ceniza	1,9	1,9	0,8	1,9	0,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
PCS	4.775	4.775	1.862	4.775	1.862
PCI	4.439				
PCI calculado	4.422	4.422	1.383	4.422	1.383

Anexo N°6: Planilla de cálculo nominal combustión caldera N°1

<b>CARRING Ltda.</b>						
<b>Planilla de cálculo de productos de combustión</b>						
Empresa	Consorcio Maderero	Salida Calentador Aire		02-12-2024		
Caldera N°1		PCS b.s.	4.775	kcal/kg	19.993	kJ/kg
Combustible	DHM	PCI b.h.	1.383	kcal/kg	5.791	kJ/kg
Flujo comb	kg/h	1.819	2,5	Gcal/h	3	MW
r aire	kg/kg as	0,012	EFICIENCIA	81,5%		
Exceso de aire	%	80%	FLUJO VAPC	3.740	kg/h	
Temp aire comb	°C	25		1,0	kg/s	
Temp gases com	°C	180				
PM	kg/kmol	32	44	18	64	28
Composición		Req O2 esteq	CO2	H2O	SO2	N2
	% peso	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
C	19,5	0,521	0,716			
H	2,7	0,218		0,246		
S	0,0	0,000			0,000	
O2	16,0	-0,160				
N2	0,0					0,000
H2O	61,0			0,610		
Ceniza	0,8					
Total combustib	100	0,580	0,716	0,856	0,000	0,000
N2 esteq	kg/kg					1,908
Humedad aire	kg/kg			0,030		
Exceso de aire	kg/kg	0,464				1,527
Total requerido	kg/kg	1,043	0,716	0,886	0,000	3,435
	Nm3/kg	0,730				
		O2	CO2	H2O	SO2	N2
Gases chim	Nm3/kg	0,325	0,365	1,102	0,000	2,748
	% vol	7,2%	8,0%	24,3%	0,00%	60,5%
						100,0%
Aire esteq	kg/kg	2,488				densidad
Aire total	kg/kg	4,479	Nm3/kg	3,478		1,287
Total gases	kg/kg	5,501	Nm3/kg	4,539		1,212
		% vol bs	% vol bh			
Analisis Orsat	O2	9,4	7,2			
	CO2	10,6	8,0			
		Nm3/h	8.258	2,8	kg/s	
Flujo de gases	kg/h	10.007	m3/h real	13.704	2,3	Nm3/s
Flujo de aire	kg/h	8.148	m3/h real	6.908	1,8	Nm3/s
			Nm3/h	1,76	2,3	kg/s
<b>Energía gases</b>						
		gases	aire	Total		kcal/h
kcal/kg comb		235	-0,1	-586,8508	235	427.297
PCI combustible		mezcla				
kcal/kg comb		1.383				2.516.125
Eficiencia gases		83,0%				17,0%
Total Pérdid Gases		17,0%				

Anexo N°7: Planilla de cálculo nominal de mezcla de combustible y poder calorífico caldera N°1.

Cálculo Mezcla de Combustible Biomasa					
	1	0			
	Biomasa	Polvo			
Flujo vapor	3.740		kg/h		
Salto entalpía	548		kcal/kg		
Flujo energía neto	2.050.642		kcal/h		
Eficiencia PCI	81,5%		%		
Flujo energía combu	2.516.125		kcal/kg	2,9	MW
PCI	1383	4422	kcal/kg		
Humedad	61	0,0	% bh	Combust total	
Flujo combustible	1.819	0	kg/h	1.819	kg/h
Flujo de energía	2.516.125	0	kcal/h		
Composición combustible	100%	0%	% energía		
	100%	0%	% peso		
	Base seca		Base húmeda		
	Corteza pino	polvo pino	Corteza pino	polvo pino	Mezcla
C	50,1	50,1	19,5	50,1	19,5
H	7,0	7,0	2,7	7,0	2,7
S	0,0	0,0	0,000	0,0	0,000
O2	41,0	41,0	16,0	41,0	16,0
N2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H2O	0,0	0,0	61	0	61,0
Ceniza	1,9	1,9	0,8	1,9	0,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
PCS	4.775	4.775	1.862	4.775	1.862
PCI	4.439				
PCI calculado	4.422	4.422	1.383	4.422	1.383

Anexo N°8: Placa caldera N°2



# Anexo N°9: Medición de flujo con Pitot caldera N°2

Carring Ltda.		Hoja Cálculo de Flujo con Tubo Pitot / Anemómetro					
1 Empresa	Consortio Maderero						
2 Fecha	02-12-2024			12:00			
3 Equipo	Chimenea Caldera 2						
4 Sección		Rectangular	0		Circular	1	
5 Dimensiones		Largo / Alto	0		Diámetro	0,465	
		Ancho	0				
		I	II	III	IV	V	VI
6 Presión, Temperatura, humedad							Promedio
presión (mmca)	-3,2						-3,2
Tª (°C)	180						180
6 Densidad Gases							
		PM	% vol <sub>wet</sub>	densidad			
	O <sub>2</sub>	32	8,4%	1,43			
	N <sub>2</sub>	28	71,0%	1,25			
	CO <sub>2</sub>	44	9,4%	1,96			
	H <sub>2</sub> O	18	11,2%	0,80			
	Densidad base húmeda		1,28	kg/Nm <sup>3</sup> -wet			
Densidad Real							
	0,77						
7 Velocidad	Velocidad m/s						
	10,1						
	10,3						
	10,1						
	9,9						
	9,4						
Promedio	9,9						
Velocidad promedio	9,9	m/s					
8 Flujo							
Area	0,170 m <sup>2</sup>						
	Flujo Real		Flujo Normal		Flujo másico		
Flujo Total	1,69	Am <sup>3</sup> /s-wet	1,02	Nm <sup>3</sup> /s-wet	1,30	Nm <sup>3</sup> /s-wet	
	6.078	Am <sup>3</sup> /h-wet	3.663	Nm <sup>3</sup> /h-wet	4.696	kg/h-wet	
	5.398	Am <sup>3</sup> /h-dry	3.253	Nm <sup>3</sup> /h-dry	4.170	kg/h-dry	

Anexo N°10: Planilla de cálculo combustión caldera N°2.

<b>CARRING Ltda.</b>						
<b>Planilla de cálculo de productos de combustión</b>						
Empresa	Consortio Maderero	Salida Calentador Aire		02-12-2024		
Caldera N°2		PCS b.s.	4.775	kcal/kg	19.993	kJ/kg
Combustible	DHM	PCI b.h.	3.625	kcal/kg	15.178	kJ/kg
Flujo comb	kg/h	439	1,59	Gcal/h	2	MW
r aire	kg/kg as	0,012	EFICIENCIA	86,8%		
Exceso de aire	%	80%	FLUJO VAPC	2.520	kg/h	
Temp aire comb	°C	25		0,7	kg/s	
Temp gases com	°C	180				
PM	kg/kmol	32	44	18	64	28
Composición		Req O2 esteq	CO2	H2O	SO2	N2
	% peso	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
C	42,1	1,122	1,543			
H	5,9	0,470		0,529		
S	0,0	0,000			0,000	
O2	34,4	-0,344				
N2	0,0					0,000
H2O	16,0			0,160		
Ceniza	1,6					
Total combustib	100	1,249	1,543	0,689	0,000	0,000
N2 esteq	kg/kg					4,110
Humedad aire	kg/kg			0,064		
Exceso de aire	kg/kg	0,999				3,288
Total requerido	kg/kg	2,248	1,543	0,754	0,000	7,399
	Nm3/kg	1,573				
		O2	CO2	H2O	SO2	N2
Gases chim	Nm3/kg	0,699	0,786	0,938	0,000	5,919
	% vol	8,4%	9,4%	11,2%	0,00%	71,0%
						100,0%
Aire esteq	kg/kg	5,359				densidad
Aire total	kg/kg	9,646	Nm3/kg	7,492		1,287
Total gases	kg/kg	10,694	Nm3/kg	8,341		1,282
Analisis Orsat		% vol bs	% vol bh			
	O2	9,4	8,4			
	CO2	10,6	9,4			
		Nm3/h	3,663	1,3	kg/s	
Flujo de gases	kg/h	4.696	m3/h real	6.078	1,0	Nm3/s
Flujo de aire	kg/h	4.236	m3/h real	3.591	0,9	Nm3/s
			Nm3/h	0,91	1,2	kg/s
<b>Energía gases</b>						
		gases	aire		Total	kcal/h
kcal/kg comb		425	-0,1	-305,09552	425	186.684
PCI combustible		mezcla				
kcal/kg comb		3.625				1.591.839
Eficiencia gases		88,3%				11,7%
Total pérdida gases		11,7%				

Anexo N°11: Planilla de cálculo de mezcla combustible y poder calorífico caldera N°2.

<b>Cálculo Mezcla de Combustible Biomasa</b>					
	1	0			
	Biomasa	Polvo			
Flujo vapor	2.520		kg/h		
Salto entalpía	548		kcal/kg		
Flujo energía neto	1.381.716		kcal/h	69,1%	
Eficiencia PCI	86,8%		%		
Flujo energía combu	1.591.839		kcal/kg	1,9 MW	
PCI	3625	4422	kcal/kg		
Humedad	16	0,0	% bh	Combust total	
Flujo combustible	439	0	kg/h	439 kg/h	
Flujo de energía	1.591.839	0	kcal/h		
Composición combustible	100%	0%	% energía		
	100%	0%	% peso		
	Base seca		Base húmeda		
	Corteza pino	polvo pino	Corteza pino	polvo pino	Mezcla
C	50,1	50,1	42,1	50,1	42,1
H	7,0	7,0	5,9	7,0	5,9
S	0,0	0,0	0,000	0,0	0,000
O2	41,0	41,0	34,4	41,0	34,4
N2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H2O	0,0	0,0	16	0	16,0
Ceniza	1,9	1,9	1,6	1,9	1,6
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
PCS	4.775	4.775	4.011	4.775	4.011
PCI	4.439				
PCI calculado	4.422	4.422	3.625	4.422	3.625

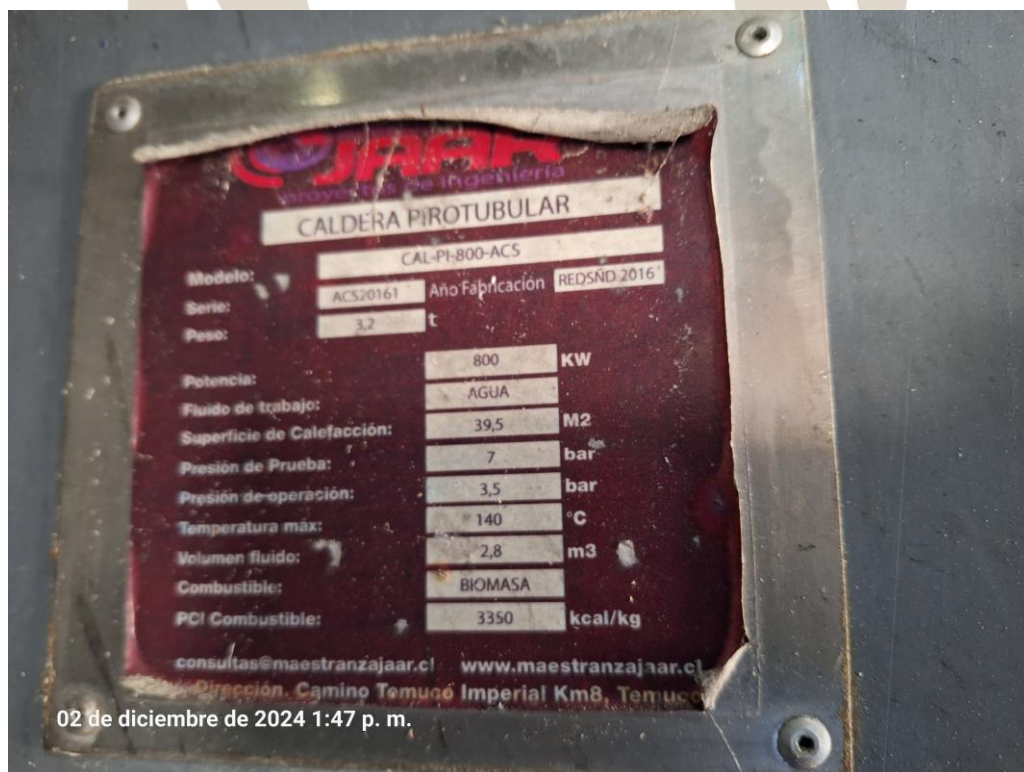
Anexo N°12: Planilla de cálculo nominal combustión caldera N°2.

<b>CARRING Ltda.</b>						
<b>Planilla de cálculo de productos de combustión</b>						
Empresa	Consorcio Maderero	Salida Calentador Aire		02-12-2024		
Caldera N°2		PCS b.s.	4.775	kcal/kg	19.993	kJ/kg
Combustible	DHM	PCI b.h.	3.625	kcal/kg	15.178	kJ/kg
Flujo comb	kg/h	636	2	Gcal/h	3	MW
r aire	kg/kg as	0,012	EFICIENCIA	86,8%		
Exceso de aire	%	80%	FLUJO VAPC	3.648	kg/h	
Temp aire comb	°C	20		1,0	kg/s	
Temp gases com	°C	180				
PM	kg/kmol	32	44	18	64	28
Composición		Req O2 esteq	CO2	H2O	SO2	N2
	% peso	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
C	42,1	1,122	1,543			
H	5,9	0,470		0,529		
S	0,0	0,000			0,000	
O2	34,4	-0,344				
N2	0,0					0,000
H2O	16,0			0,160		
Ceniza	1,6					
Total combustib	100	1,249	1,543	0,689	0,000	0,000
N2 esteq	kg/kg					4,110
Humedad aire	kg/kg			0,064		
Exceso de aire	kg/kg	0,999				3,288
Total requerido	kg/kg	2,248	1,543	0,754	0,000	7,399
	Nm3/kg	1,573				
		O2	CO2	H2O	SO2	N2
Gases chim	Nm3/kg	0,699	0,786	0,938	0,000	5,919
	% vol	8,4%	9,4%	11,2%	0,00%	71,0%
						100,0%
Aire esteq	kg/kg	5,359				densidad
Aire total	kg/kg	9,646	Nm3/kg	7,492		1,287
Total gases	kg/kg	10,694	Nm3/kg	8,341		1,282
			% vol bs	% vol bh		
Analisis Orsat	O2		9,4	8,4		
	CO2		10,6	9,4		
		Nm3/h	5,302	1,9	kg/s	
Flujo de gases	kg/h	6.798	m3/h real	8.798	1,5	Nm3/s
Flujo de aire	kg/h	6.131	m3/h real	5.111	1,3	Nm3/s
			Nm3/h	1,32	1,7	kg/s
<b>Energía gases</b>						
		gases	aire	Total		kcal/h
kcal/kg comb		425	-2,2	-13694,223	423	268.851
PCI combustible		mezcla	mezcla pobre			
kcal/kg comb		3.625	0			2.304.187
Eficiencia gases		88,3%	#¡DIV/0!			11,7%
Total pérdda gases		11,7%				

Anexo N°13: Planilla de cálculo nominal de mezcla combustible y poder calorífico caldera N°2.

<b>Cálculo Mezcla de Combustible Biomasa</b>					
	1	0			
	Biomasa	Polvo			
Flujo vapor	3.648		kg/h		
Salto entalpía	548		kcal/kg		
Flujo energía neto	2.000.034		kcal/h		
Eficiencia PCI	86,8%		%		
Flujo energía combu	2.304.187		kcal/kg	2,7 MW	
PCI	3625	4422	kcal/kg		
Humedad bh	16	0,0	% bh	Combust total	
Flujo combustible	636	0	kg/h	636 kg/h	
Flujo de energía	2.304.187	0	kcal/h		
Composición combustible	100%	0%	% energía		
	100%	0%	% peso		
	Base seca		Base húmeda		
	Corteza pino	polvo pino	Corteza pino	polvo pino	Mezcla
C	50,1	50,1	42,1	50,1	42,1
H	7,0	7,0	5,9	7,0	5,9
S	0,0	0,0	0,000	0,0	0,000
O2	41,0	41,0	34,4	41,0	34,4
N2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H2O	0,0	0,0	16	0	16,0
Ceniza	1,9	1,9	1,6	1,9	1,6
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
PCS	4.775	4.775	4.011	4.775	4.011
PCI	4.439				
PCI calculado	4.422	4.422	3.625	4.422	3.625

Anexo N°14: Placa caldera N°3



Anexo N°15: Planilla calculo combustión nominal caldera N°3.

<b>CARRING Ltda.</b>						
<b>Planilla de cálculo de productos de combustión</b>						
Empresa	Consortio Maderero	Salida Calentador Aire		02-12-2024		
Caldera N°3		PCS b.s.	4.775	kcal/kg	19.993	kJ/kg
Combustible	DHM	PCI b.h.	1.682	kcal/kg	7.042	kJ/kg
Flujo comb	kg/h	493	1 Gcal/h		1 MW	
r aire	kg/kg as	0,012	EFICIENCIA	83,0%		
Exceso de aire	%	80%	FLUJO VAPC	1.255	kg/h	
Temp aire comb	°C	25		0,3	kg/s	
Temp gases com	°C	180				
PM	kg/kmol	32	44	18	64	28
Composición	Req O2 esteq	CO2	H2O	SO2	N2	
	% peso	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg
C	22,5	0,601	0,827			
H	3,2	0,252	0,284			
S	0,0	0,000		0,000		
O2	18,4	-0,184				
N2	0,0				0,000	
H2O	55,0		0,550			
Ceniza	0,9					
Total combustib	100	0,669	0,827	0,834	0,000	0,000
N2 esteq	kg/kg				2,202	
Humedad aire	kg/kg		0,034			
Exceso de aire	kg/kg	0,535			1,762	
Total requerido	kg/kg	1,204	0,827	0,868	0,000	3,964
	Nm3/kg	0,843				
		O2	CO2	H2O	SO2	N2
Gases chim	Nm3/kg	0,375	0,421	1,080	0,000	3,171
	% vol	7,4%	8,3%	21,4%	0,00%	62,8%
						100,0%
Aire esteq	kg/kg	2,871				densidad
Aire total	kg/kg	5,168	Nm3/kg	4,014		1,287
Total gases	kg/kg	6,193	Nm3/kg	5,046		1,227
		% vol bs		% vol bh		
Analisis Orsat	O2	9,4	7,4			
	CO2	10,6	8,3			
		Nm3/h	2,486	0,8	kg/s	
Flujo de gases	kg/h	3,051	m3/h real	4,126	0,7	Nm3/s
Flujo de aire	kg/h	2,546	m3/h real	2,159	0,5	Nm3/s
		Nm3/h	0,55	0,7	kg/s	
<b>Energía gases</b>						
		gases	aire	Total	kcal/h	
kcal/kg comb		260	-0,1	-183,38828	260	128.223
PCI combustible		mezcla				
kcal/kg comb		1.682				828.727
Eficiencia gases		84,5%				15,5%
Total pérdida gases		15,5%				

Anexo N°16: Planilla de cálculo de mezcla combustible y poder calorífico nominal caldera N°3.

Cálculo Mezcla de Combustible Biomasa					
	1	0			
	Biomasa	Polvo			
Flujo vapor	1.830		kg/h		
Salto entalpía	548		kcal/kg		
Flujo energía neto	687.843		kcal/h		
Eficiencia PCI	83,0%		%		
Flujo energía combu	828.727		kcal/kg	1,0	MW
PCI	1682	4422	kcal/kg		
Humedad	55	0,0	% bh	Combust total	
Flujo combustible	493	0	kg/h	493	kg/h
Flujo de energía	828.727	0	kcal/h		
Composición combustible	100%	0%	% energía		
	100%	0%	% peso		
Base seca			Base húmeda		
	Corteza pino	polvo pino	Corteza pino	polvo pino	Mezcla
C	50,1	50,1	22,5	50,1	22,5
H	7,0	7,0	3,2	7,0	3,2
S	0,0	0,0	0,000	0,0	0,000
O2	41,0	41,0	18,4	41,0	18,4
N2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H2O	0,0	0,0	55	0	55,0
Ceniza	1,9	1,9	0,9	1,9	0,9
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
PCS	4.775	4.775	2.149	4.775	2.149
PCI	4.439				
PCI calculado	4.422	4.422	1.682	4.422	1.682



FORMULARIO N°4  
RESUMEN DE MEDICION DE EMISION



INDIVIDUALIZACION DEL TITULAR DE LA FUENTE

RAZON SOCIAL <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>		NOMBRE DE FANTASIA <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>		RUT <b>96.991.450-6</b>
REPRESENTANTE LEGAL <b>Carlos Vera Aparicio</b>	CORREO ELECTRONICO CONTACTO <b>CMELGAREJO@AUTSYS.CL</b>	NUMERO DE ESTABLECIMIENTO <b>ID 5460888</b>		REGION <b>VIII del Biobio Los Angeles</b>
GIRO DEL ESTABLECIMIENTO <b>Aserradero y acepilladura de madera</b>		CALLE <b>Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20</b>		COMUNA <b>Los Angeles</b>

IDENTIFICACION DE LA FUENTE

N° DE REGISTRO D.S. 138 <b>CA-OR-27652</b>	TIPO DE FUENTE <b>CALDERA AGUA CALIENTE</b>	MARCA <b>JAAR Ingenieria</b>	MODELO <b>PT-800-AC</b>	AÑO <b>2016</b>
COMBUSTIBLE UTILIZADO <b>Biomasa</b>	CONSUMO NOMINAL DE COMBUSTIBLE <b>1200 Kg/hr</b>	PRODUCCION NOMINAL <b>688000 Kcal/hr</b>	SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES <b>Filtro de manga</b>	

INDIVIDUALIZACION DE LA E.F.T.A.

NOMBRE O RAZON SOCIAL <b>AMBIQUIM SPA.</b>		RUT <b>76.956.078-5</b>		CODIGO ETFA <b>077-01</b>
CONTAMINANTE <b>Material Particulado</b>	INSPECTOR AMBIENTAL <b>Patricio Araneda Calzadilla</b>		RUT <b>13.135.017-1</b>	
METODO UTILIZADO <b>CH-1, CH-2, CH-3, CH-4, CH-5.</b>	FECHA ACTIVIDAD <b>17 de agosto de 2023</b>	FECHA INFORME DE RESULTADOS <b>11 de septiembre de 2023</b>		FOLIO DEL INFORME <b>IMP-308-23</b>

RESULTADOS

UBICACION PUNTO DE MUESTREO ( mt)	3	DESDE LA PERTURBACION MAS PROXIMA AGUAS ARRIBA			NUMERO DE CORRIDAS 2
	6,7	DESDE LA PERTURBACION MAS PROXIMA AGUAS ABAJO			
	PRIMERA CORRIDA	SEGUNDA CORRIDA	TERCERA CORRIDA	MEDIA CORRIDAS	DESVIACION ESTANDAR
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Kgs/Hr) (Biomasa)	120,8	116,8	—	XXXXXXXX	XXXXXXXX
TIEMPO UTILIZADO EN CADA MEDICION (min.)	64	64	—	XXXXXXXX	XXXXXXXX
HORA DE REALIZACION DE LA CORRIDA	10:55	12:23	—	XXXXXXXX	XXXXXXXX
CONC. DE MATERIAL PARTICULADO (mg/m3N)	82,9	69,5	—	76,2	9,4
CONCENTRACION CORREGIDA (mg/m3N) (8% Oxigeno)	97,8	82,9	—	90,4	10,5
EMISION HORA DE CONTAMINANTE (kg/hr)	0,0716	0,0588	—	0,0652	0,0091
CAUDAL DE GASES BASE SECA (m3N/hr)	863,8	844,8	—	854,3	13,4
EXCESO DE AIRE (%)	62,3	64,2	—	63,3	1,3
O2 (%)	8,3	8,4	—	8,3	XXXXXXXX
CO2 (%)	11,6	11,4	—	11,5	XXXXXXXX
CO (%)	0,3668	0,3095	—	0,3382	XXXXXXXX
PORCENTAJE DE ISOCINETISMO (%)	104,6	105,7	—	105,2	XXXXXXXX
HUMEDAD DE GASES (%)	7,7	7,8	—	7,8	XXXXXXXX
VELOCIDAD DE GASES (m/seg)	3,0	3,1	—	3,0	XXXXXXXX
TEMPERATURA DE GASES DE SALIDA (°C)	100	117	—	109	XXXXXXXX
PESO MOLECULAR BASE SECA	30,18	30,16	—	30,17	XXXXXXXX
PESO MOLECULAR BASE HUMEDA	29,24	29,21	—	29,22	XXXXXXXX
RELACION AIRE (REAL / TEORICO)	1,08	1,10	—	1,1	XXXXXXXX
EFICIENCIA DE COMBUSTION (%)	56,5%	55,8%	—	56%	XXXXXXXX

FECHA

septiembre 11, 2023

DECLARO QUE LOS DATOS  
CONSIGNADOS SON DE EXPRESION FIEL  
DE LA REALIDAD POR LO QUE ASUMO LA  
RESPONSABILIDAD CORRESPONDIENTE

PATRICIO ARANEDA CALZADILLA

NOMBRE Y FIRMA DEL LABORATORIO DE  
MEDICION Y ANALISIS



## DATOS DE LA FUENTE

---

PROPIETARIO O RAZON SOCIAL	: <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>
N° DE REGISTRO DE ESTABLECIMIENTO	: ID 5460888
RUT	: 96.991.450-6
REPRESENTANTE LEGAL	: Carlos Vera Aparicio
GIRO INDUSTRIAL	: Aserradero y acepilladura de madera
DIRECCION	: Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20
COMUNA	: Los Angeles
REGION	: VIII del Biobio Los Angeles
CONTACTO	: Cesar Melgarejo
TELEFONO/FAX	: 997809814
MAIL	: CMELGAREJO@AUTSYS.CL
TIPO DE EQUIPO MUESTREADO	: CALDERA AGUA CALIENTE
FECHA DE LA MEDICION	: 17 de agosto de 2023
N.º REGISTRO D.S.138	: CA-OR-27652
N.º DE FABRICA	: ACS20161
N.º INTERNO	: 3
AÑO DE FABRICACION	: 2016
MODELO	: PT-800-AC
FABRICANTE	: JAAR Ingenieria
SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES	: Filtro de manga
TIPO DE COMBUSTIBLE	: Biomasa
HORAS/DIA DE FUNCIONAMIENTO	: 24
DIAS/AÑO DE FUNCIONAMIENTO	: 330
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	: 196 Kg/hr
PRODUCCION NOMINAL	: 688000 Kcal/hr
SISTEMA DE EVACUACION DE GASES	: Inducido
FECHA DE VIGENCIA CERTIFICADO DE REVISION (ITI)	: 23-02-2024
CAPACIDAD DE PRODUCCION MAXIMA (Kcal/hr)	: 1000000
MARCA DE QUEMADOR	: JAAR Ingenieria

## COMENTARIOS

### ANTECEDENTES DE REFERENCIA

Forestal La Esperanza S.A. es una empresa dedicada al rubro aserradero y acepilladura de madera. Ubicada en Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20 en la comuna de Los Angeles en la Región VIII del Biobío Los Angeles.

### IDENTIFICACIÓN DE LA FUENTE

La fuente medida corresponde a una caldera agua caliente, numero de registro CA-OR-27652, fabricada por JAAR Ingenieria, modelo PT-800-AC, numero de fabrica ACS20161, año de fabricación 2016, una capacidad de generacion instalada de 688000 Kcal/hr, con un quemador marca JAAR Ingenieria, con un consumo de combustible de 196 Kg/hr de Biomasa, la fuente se encuentra instalada en el establecimiento desde el año 2016.

### CONDICIONES DE OPERACIÓN

La fuente se mide de forma normal. Esta fuente consiste en la generación de agua caliente para la calefacción de radiadores ubicados en cabinas de secado de madera, esto se logra con un quemador a biomasa antes mencionado, el muestreo se realiza en una plataforma en la sala de calderas en un ducto circular ubicado de forma vertical, se realizan dos corridas por tratarse de una caldera de tipo grupal, la cual genera menos de 1000 m3N/hr de caudal al ambiente, durante los muestreos la caldera no registra detenciones del quemador durante las corridas, se mantuvieron encendidas las bombas de recirculacion de agua de la caldera para mantener la caldera encendida durante los muestreos. Para determinar el porcentaje de la carga se compara los valores calculados con lo declarado en el informe tecnico individual y se evidencia que la carga declarada en el documento no se logra por que se encuentra restringida por la capacidad del quemador y su hogar el cual funciona a su maxima capacidad. Se adjunta imagen con la placa de la caldera con su capacidad nominal. Se sugiere una revision del informe tecnico individual el cual se acorde con la capacidad de la caldera.

Parámetros	Corrida 1	Corrida 2	Promedios
Tiempo por corrida (min)	71	70	71 Min.
Eficiencia de caldera (%)	90	90	90 %
Presión normal de trabajo (psi)	70	70	70 psi
Temperatura de entrada de agua (C°)	70,0	70,0	70 °C
Calculo de potencia termica por corrida (MWt)	0,5	0,5	0,484 MWt
Consumo de combustible por corrida (Kg/Hr)	120,8	116,8	118,8 Kg/Hr
Porcentaje de carga (%)	10,1	9,7	9,9 %
Calculo de calor util por corrida (Kcal/hr)	380471	367958	374214,7 Kcal/Hr
Porcentaje de carga (%)	38,0	36,8	37,4 %

### MEDICIÓN

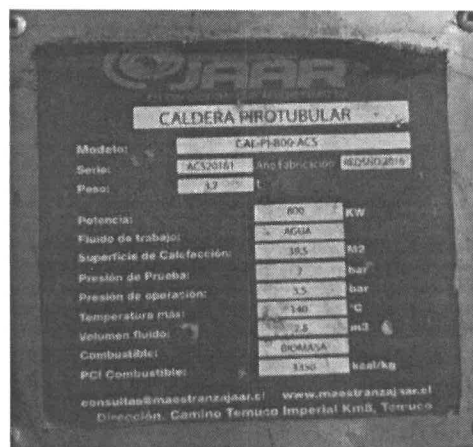
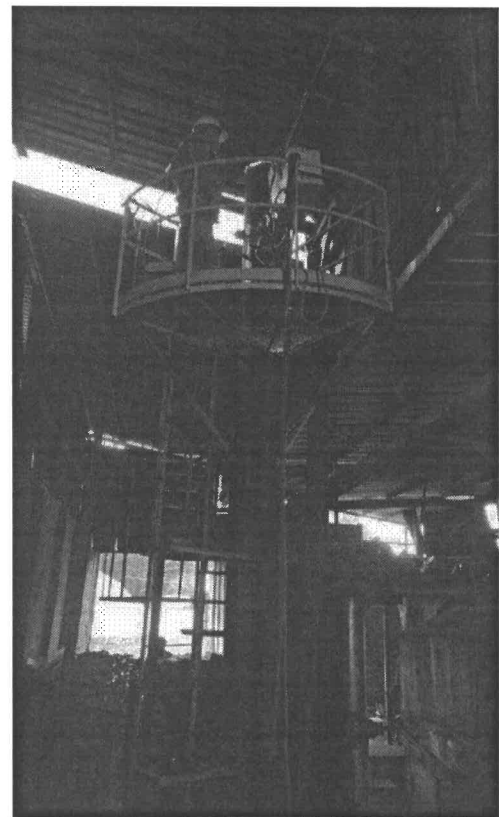
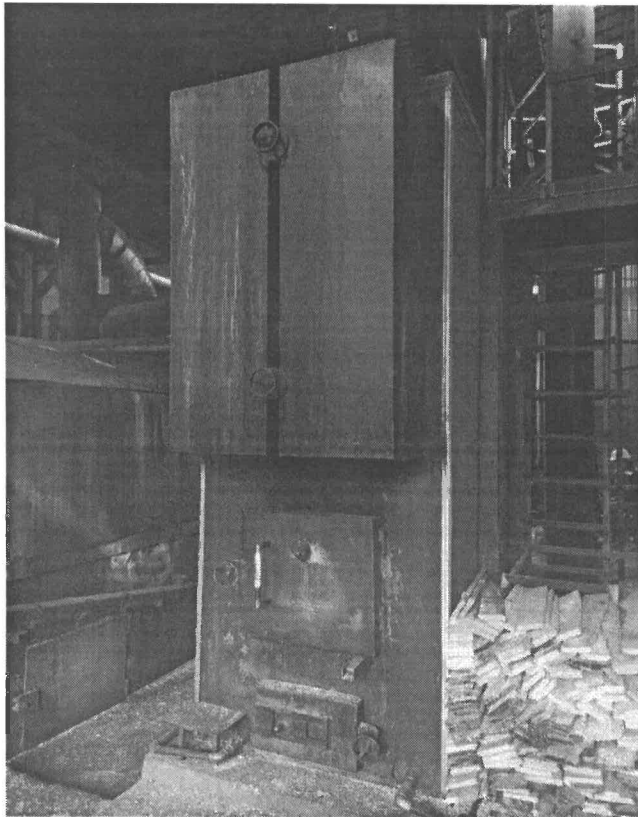
La fuente presenta ausencia de flujo ciclónico de gases en la sección transversal donde se ubican los puertos de muestreo. Se considera una grilla de 4 puntos por las 2 coplas, con un tiempo de medicion por punto de 8 minutos durante las corridas.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

La concentracion corregida promedio con un factor de correccion de 6% de oxigeno, arroja una concentracion de material particulado de 90,4 mg/m3N, presentando una desviación de 10,55 %, durante las 2 corridas de medicion.

## ESQUEMA DE LA FUENTE

CALDERA AGUA CALIENTE N° de registro SSBIOBIO-336 CA-OR-27652



**Ambiquim****FORMULARIO N°4  
RESUMEN DE MEDICION DE EMISION****INDIVIDUALIZACION DEL TITULAR DE LA FUENTE**

RAZON SOCIAL <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>		NOMBRE DE FANTASIA <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>		RUT <b>96.991.450-6</b>
REPRESENTANTE LEGAL <b>Carlos Vera Aparicio</b>	CORREO ELECTRONICO CONTACTO <b>CMELGAREJO@AUTSYS.CL</b>	NUMERO DE ESTABLECIMIENTO <b>ID 5460888</b>		REGION <b>VIII del Biobio Los Angeles</b>
GIRO DEL ESTABLECIMIENTO <b>Aserradero y acepilladura de madera</b>		CALLE <b>Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20</b>		COMUNA <b>Los Angeles</b>

**IDENTIFICACION DE LA FUENTE**

N° DE REGISTRO D.S. 138 <b>CA-OR-27654</b>	TIPO DE FUENTE <b>Caldera generadora de vapor</b>	MARCA <b>Vapor Industrial S.A.</b>	MODELO <b>Escocesa tres pasos de gases</b>	AÑO <b>1996</b>
COMBUSTIBLE UTILIZADO <b>Biomasa</b>	CONSUMO NOMINAL DE COMBUSTIBLE <b>1390 Kg/hr</b>	PRODUCCION NOMINAL <b>3.740 Kvap/hr</b>	SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES <b>Ciclón simple</b>	

**INDIVIDUALIZACION DE LA E.F.T.A.**

NOMBRE O RAZON SOCIAL <b>AMBIQUIM SPA.</b>		RUT <b>76.956.078-5</b>	CODIGO ETFA <b>077-01</b>
CONTAMINANTE <b>Material Particulado</b>	INSPECTOR AMBIENTAL <b>Patricio Araneda Calzadilla</b>	RUT <b>13.135.017-1</b>	
METODO UTILIZADO <b>CH-1, CH-2, CH-3, CH-4, CH-5.</b>	FECHA ACTIVIDAD <b>18 de agosto de 2023</b>	FECHA INFORME DE RESULTADOS <b>11 de septiembre de 2023</b>	FOLIO DEL INFORME <b>IMP-310-23</b>

**RESULTADOS**

UBICACION PUNTO DE MUESTREO ( mt)	7,03	DESDE LA PERTURBACION MAS PROXIMA AGUAS ARRIBA				NUMERO DE CORRIDAS 3
	2,27	DESDE LA PERTURBACION MAS PROXIMA AGUAS ABAJO				
	PRIMERA CORRIDA	SEGUNDA CORRIDA	TERCERA CORRIDA	MEDIA CORRIDAS	DESVIACION ESTANDAR	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Kgs/Hr) (Biomasa)	721,6	714,3	718	XXXXXXXX	XXXXXXXX	
TIEMPO UTILIZADO EN CADA MEDICION (min.)	54	54	54	XXXXXXXX	XXXXXXXX	
HORA DE REALIZACION DE LA CORRIDA	10:45	12:02	13:18	XXXXXXXX	XXXXXXXX	
CONC. DE MATERIAL PARTICULADO (mg/m3N)	265,8	259,3	254,5	259,9	5,7	
CONCENTRACION CORREGIDA (mg/m3N) (8% Oxigeno)	559,7	556,0	541,7	552,5	9,5	
EMISION HORA DE CONTAMINANTE (kg/hr)	2,4527	2,4030	2,3437	2,3998	0,0546	
CAUDAL DE GASES BASE SECA (m3N/hr)	9228,9	9265,8	9209,4	9234,7	28,6	
EXCESO DE AIRE (%)	190,2	194,4	192,9	192,5	2,1	
O2 (%)	13,8	14,0	13,9	13,9	XXXXXXXX	
CO2 (%)	6,6	6,4	6,5	6,5	XXXXXXXX	
CO (%)	0,1701	0,1759	0,1993	0,1818	XXXXXXXX	
PORCENTAJE DE ISOCINETISMO (%)	102,5	101,8	101,7	102,0	XXXXXXXX	
HUMEDAD DE GASES (%)	7,9	7,8	7,8	7,8	XXXXXXXX	
VELOCIDAD DE GASES (m/seg)	9,7	9,7	9,7	9,7	XXXXXXXX	
TEMPERATURA DE GASES DE SALIDA (°C)	118	119	121	119	XXXXXXXX	
PESO MOLECULAR BASE SECA	29,61	29,57	29,60	29,59	XXXXXXXX	
PESO MOLECULAR BASE HUMEDA	28,69	28,67	28,69	28,69	XXXXXXXX	
RELACION AIRE (REAL / TEORICO)	1,08	1,09	1,07	1,1	XXXXXXXX	
EFICIENCIA DE COMBUSTION (%)	32,3%	31,1%	31,9%	32%	XXXXXXXX	

FECHA

septiembre 11, 2023

DECLARO QUE LOS DATOS  
CONSIGNADOS SON DE EXPRESION FIEL  
DE LA REALIDAD POR LO QUE ASUMO LA  
RESPONSABILIDAD CORRESPONDIENTE

PATRICIO ARANEDA CALZADILLA

NOMBRE Y FIRMA DEL LABORATORIO DE  
MEDICION Y ANALISIS

AMBIQUIM SPA. CODIGO ETFA 077-01

Calle 4 N° 2720, Quinta Normal Fono 228136358

Prohibida toda reproducción total o parcial de este documento



## DATOS DE LA FUENTE

---

PROPIETARIO O RAZON SOCIAL	: <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>
N° DE REGISTRO DE ESTABLECIMIENTO	: ID 5460888
RUT	: 96.991.450-6
REPRESENTANTE LEGAL	: Carlos Vera Aparicio
GIRO INDUSTRIAL	: Aserradero y acepilladura de madera
DIRECCION	: Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20
COMUNA	: Los Angeles
REGION	: VIII del Biobio Los Angeles
CONTACTO	: Cesar Melgarejo
TELEFONO/FAX	: 9979998261
MAIL	: CMELGAREJO@AUTSYS.CL
TIPO DE EQUIPO MUESTREADO	: Caldera generadora de vapor
FECHA DE LA MEDICION	: 18 de agosto de 2023
N.º REGISTRO D.S.138	: CA-OR-27654
N.º DE FABRICA	: 9602
N.º INTERNO	: 1
AÑO DE FABRICACION	: 1996
MODELO	: Escocesa tres pasos de gases
FABRICANTE	: Vapor industrial S.A.
SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES	: Ciclon simple
TIPO DE COMBUSTIBLE	: Biomasa
HORAS/DIA DE FUNCIONAMIENTO	: 24
DIAS/AÑO DE FUNCIONAMIENTO	: 330
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	: 1.390 Kg/hr
PRODUCCION NOMINAL	: 3.740 Kvap/hr
SISTEMA DE EVACUACION DE GASES	: Inducido
FECHA DE VIGENCIA CERTIFICADO DE REVISION (ITI)	: 22-10-2024
CAPACIDAD DE PRODUCCION MAXIMA (Kvap/hr)	: 3740
MARCA DE QUEMADOR	: Vapor industrial S.A.

## RESULTADOS

Parámetros	Corrida N°1	Corrida N°2	Corrida N°3	Promedio	Desv. Std
CONC. DE MAT. PARTICULADO (mg/m <sup>3</sup> N)	265,8	259,3	254,5	259,9	5,7
CONC. CORREGIDA DE MAT. PART. (mg/m <sup>3</sup> N)	559,7	556,0	541,7	552,5	9,5
EMISION HORARIA (Kg/hr)	2,4527	2,4030	2,3437	2,3998	0,0546
EXCESO DE AIRE (%)	190,2	194,4	192,9	192,5	2,1
CAUDAL DE GASES ESTAND.(m <sup>3</sup> N/hr)	9228,9	9265,8	9209,4	9234,7	28,64
% O <sub>2</sub>	13,8	14,0	13,9	13,9	0,06
% CO <sub>2</sub>	6,6	6,4	6,5	6,5	0,13
% CO	0,1701	0,1759	0,1993	0,1818	0,0155
ISOCINETISMO (%)	102,5	101,8	101,7	102,0	0,42
HUMEDAD DE LOS GASES (%)	7,9	7,8	7,8	7,8	0,08
VELOCIDAD DE LOS GASES (m/s)	9,7	9,7	9,7	9,7	0,0
TEMPERATURA DE LOS GASES (°C)	118	119	121	119	1,21
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Kg/hr)	721,6	714,3	717,9	718	----
PRODUCCION DE VAPOR (Kvap/hr)	3580,9	3544,7	3562,6	3563	----
FECHA DE LA MEDICION (DD:MM)	18-08-2023	18-08-2023	18-08-2023	----	----
HORA DE LA MEDICION (HH:MM)	10:45	12:02	13:18	----	----

PORCENTAJE DE ERROR RESPECTO A LA MEDIA:

1,7 %

LIMITE DE CUANTIFICACION DEL METODO VALIDADO:

1,0 mg

Según lo establecido en el decreto N° 4/2017 del Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Los Angeles, del 22 de Febrero del 2017, del Ministerio del Medio Ambiente, las fuentes fijas del tipo Caldera no podrán emitir material particulado en concentraciones superiores a 50 mg/m<sup>3</sup>N.

De acuerdo a los valores de la Concentración corregida al factor de exceso de 6% de oxígeno de emisiones de Material Particulado su concentración fue de 552,5 mg/m<sup>3</sup>N, resultado que corresponde únicamente a la fuente denominada Caldera generadora de vapor, número de registro CA-OR-27654.

Según lo establecido en el método CH-5 punto 4.1, "Las mediciones se realizarán considerando tres corridas de muestreo en aquellas fuentes que resulten tener un caudal igual o superior a 1000 m<sup>3</sup>/Hr. estandarizado y dos corridas con caudal menor a este valor (en ambos casos se deberá considerar el caudal corregido por exceso de aire de acuerdo al tipo de combustible utilizado por la fuente)".

La fuente denominada Caldera generadora de vapor número de registro CA-OR-27654, al momento de la medición el caudal corregido promedio registrado fue de 9235 m<sup>3</sup>N/hr. Por lo tanto esta fuente es de tipo puntual y se deben realizar 3 corridas de tomas de muestra de MP.

El cálculo de la potencia térmica declarado de la fuente CA-OR-27654, que opero con Biomasa como combustible al momento del muestreo, registro 5,7 Mwt.

$$(CN \times PCS) \times FC = (3499) \times 1,163 \times 10^{-6} = 5,66 \text{ Mwt}$$



## COMENTARIOS

### ANTECEDENTES DE REFERENCIA

Forestal La Esperanza S.A. es una empresa dedicada al rubro aserradero y acepilladura de madera. Ubicada en Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20 en la comuna de Los Angeles en la Región VIII del Biobío Los Angeles.

### IDENTIFICACIÓN DE LA FUENTE

La fuente medida corresponde a una caldera generadora de vapor, numero de registro CA-OR-27654, fabricada por Vapor industrial S.A., modelo Escocesa tres pasos de gases, numero de fabrica 9602, año de fabricación 1996, una capacidad de generacion instalada de 3.740 Kvap/hr, con un quemador marca Vapor industrial S.A., con un consumo de combustible de 1.390 Kg/hr de Biomasa, la fuente se encuentra instalada en el establecimiento desde el año 1996.

### CONDICIONES DE OPERACIÓN

La fuente se mide de forma normal. Esta fuente consiste en la generación de agua caliente y vapor para la calefacción de radiadores ubicados en cabinas de secado de madera, esto se logra con un quemador a biomasa antes mencionado, el muestreo se realiza en una plataforma sobre la sala de calderas en un ducto circular ubicado de forma vertical, se realizan tres corridas por tratarse de una caldera de tipo puntual, la cual genera mas de 1000 m<sup>3</sup>N/hr de caudal al ambiente, durante los muestreos la caldera no registra detenciones del quemador durante las corridas, se abrieron las purgas de la caldera para mantener la caldera encendida durante los muestreos. La fuente cuenta con un sistema de control denominado ciclon simple ubicado en la base de la chimenea a la salida de gases de la caldera.

Parámetros	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Promedios
Tiempo por corrida (min)	61	62	61	61 Min.
Eficiencia de caldera (%)	85	85	85	85 %
Presión normal de trabajo (psi)	100	100	100	100 psi
Temperatura de entrada de agua (C°)	60,0	60,0	60,0	60 °C
Calculo de potencia termica por corrida (MWt)	2,9	2,9	2,9	2,92 MWt
Consumo de combustible por corrida (Kg/Hr)	721,6	714,3	717,9	718 Kg/Hr
Porcentaje de carga (%)	51,9	51,4	51,7	51,7 %
Generación de vapor calculada por corrida (Kvap/hr)	3581	3545	3563	3562,7 Kvap/Hr
Porcentaje de carga (%)	95,7	94,8	95,3	95,3 %

### MEDICIÓN

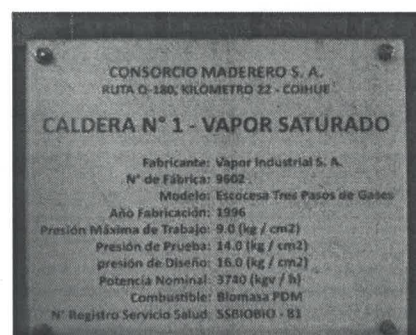
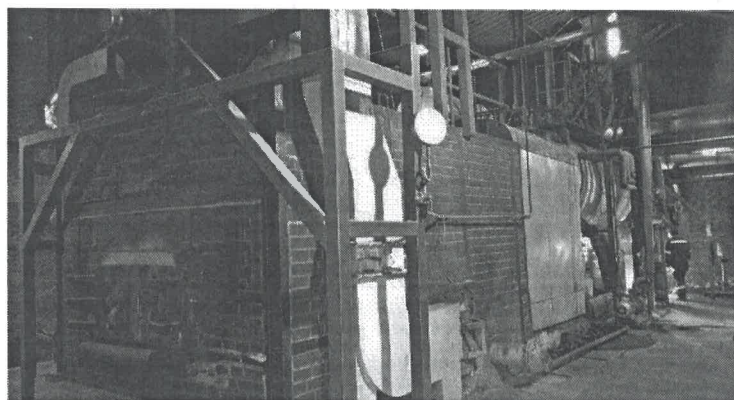
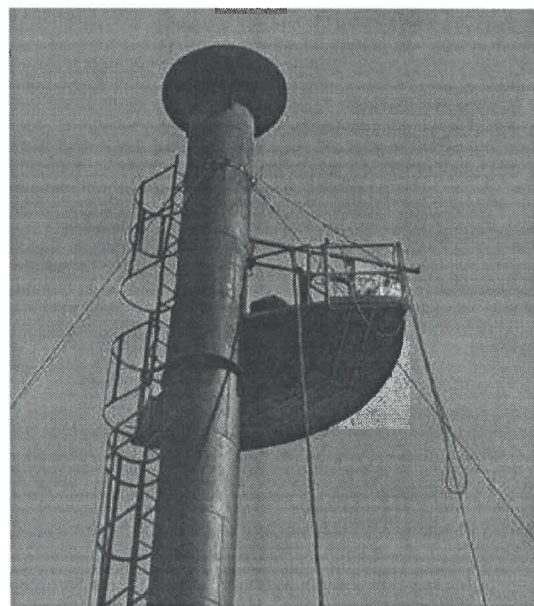
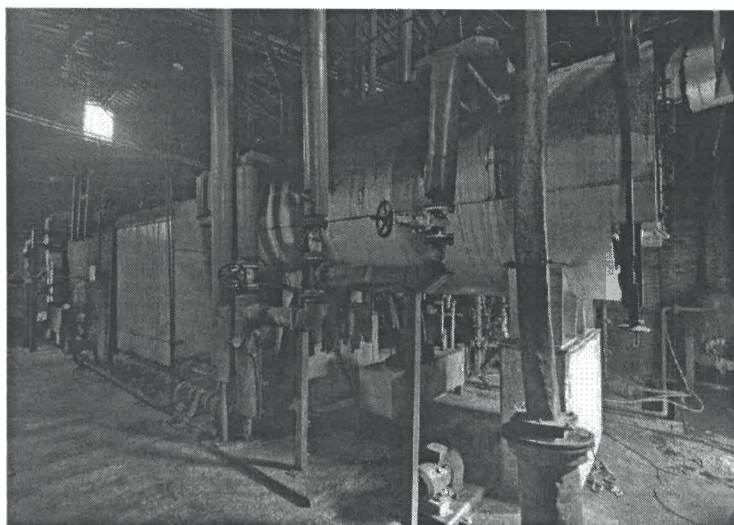
La fuente presenta ausencia de flujo ciclónico de gases en la sección transversal donde se ubican los puertos de muestreo. Se considera una grilla de 6 puntos por las 2 coplas, con un tiempo de medicion por punto de 4,5 minutos durante las corridas.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

La concentracion corregida promedio con un factor de correccion de 6% de oxigeno, arroja una concentracion de material particulado de 552,5 mg/m<sup>3</sup>N, presentando una desviación de 9,51 %, durante las 3 corridas de medicion.

## ESQUEMA DE LA FUENTE

CALDERA GENERADORA DE VAPOR N° de registro SSBIOBIO-81 CA-OR-27654





## HOJA DE RESUMEN DE DATOS

Porcentaje de oxígeno  
 Porcentaje de dióxido de carbono  
 Porcentaje de monóxido de carb.  
 Presión inicial en el DGM  
 Temperatura en el DGM  
 Coeficiente del Pitot  
 Humedad en el DGM  
 Humedad estimada de gases  
 Temperatura gases chimenea  
 Peso molecular húmedo  
 Presión chimenea  
 Velocidad promedio gases  
 Diámetro boquilla  
 DH@ del equipo  
 Peso molecular seco  
 Diferencia de presión promedio placa orificio  
 Caudal en el DGM  
 Tiempo total de muestreo  
 Coeficiente de calibración DGM  
 Volumen registrado en el DGM  
 Presión barométrica lugar muestreo  
 Volumen registrado en el DGM Condiciones estándar  
 Volumen de vapor de agua condensada  
 Vol. de vapor de agua condens. Correg. En Cond. Estándar  
 Peso final impinger sílica gel  
 Peso inicial impinger de sílica gel  
 Vol. de vapor de agua en sílica gel en condiciones estándar  
 Fracción de humedad en volumen  
 Velocidad de flujo  
 Área transversal de la chimenea  
 Caudal gas en condiciones estándar  
 Peso de material particulado en acetona  
 Peso de material particulado en filtro  
 Peso total de material particulado  
 Concentración material particulado  
 Concentración material particulado corregida por Ex. De aire  
 Emisión  
 Volumen de agua en impingers y sílica gel  
 Área de boquilla  
 Isocinetismo  
 Desviación estándar de las tres corridas

	1ªCorrida	2ªCorrida	3ªCorrida
% O <sub>2</sub>	13,8	14,0	13,9
%CO <sub>2</sub>	6,6	6,4	6,5
%CO	0,1701	0,1759	0,1993
Pm (mmHg)	731,4	731,4	731,4
Tm (°K)	287	290	292
Cp	0,84	0,84	0,84
Bwm (%)	0	0	0
Bws (%)	7	7	7
Ts (°K)	391	392	394
Ms (g/mol)	28,69	28,67	28,69
Ps (mmHg)	767,1	767,1	767,1
DP (mmH <sub>2</sub> O)	6,13	6,17	6,13
Dn (pulg)	0,3091	0,3091	0,3091
DH@ (mmH <sub>2</sub> O)	45,643	45,643	45,643
Md (g/gmol)	29,61	29,57	29,60
DH (mmH <sub>2</sub> O)	39,3	39,5	39,3
Qm (m <sup>3</sup> /min)	0,0199	0,0202	0,0202
t (min)	54	54	54
Y	1,016	1,016	1,016
Vm (m <sup>3</sup> )	1,032	1,039	1,040
Pbar (mmHg)	767,3	767,3	767,3
Vm(std) (m <sup>3</sup> )	1,104	1,101	1,093
Vwc(ml)	36,1	38,1	36,1
Vwc (std) (ml)	48,9	51,7	48,9
Wf (g)	231,9	230,3	232,2
Wi (g)	200,0	200,0	200,0
Vwsg(std) (ml)	43,4	41,2	43,8
Bws	7,9	7,8	7,8
Vs (m/s)	9,7	9,7	9,7
A (m <sup>2</sup> )	0,3739	0,3739	0,3739
Q(std) (m <sup>3</sup> /hr)	9228,9	9265,8	9209,4
ma (mg)	138,1	110,8	212,7
mf (mg)	155,2	174,7	65,4
mn (mg)	293,3	285,5	278,1
Cs (mg/m <sup>3</sup> N)	265,8	259,3	254,5
Ccorr (mg/m <sup>3</sup> N)	727,7	720,2	703,1
E (Kg/hr)	2,4527	2,4030	2,3437
Vlc (ml)	70,0	68,4	68,3
An (m <sup>2</sup> )	0,000048	0,000048	0,000048
I (%)	102,5	101,8	101,7
D	9,5	9,5	9,5

IMP-310-23

Pag.10 de 47

INDIVIDUALIZACION DEL TITULAR DE LA FUENTE

RAZON SOCIAL <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>		NOMBRE DE FANTASIA <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>		RUT <b>96.991.450-6</b>
REPRESENTANTE LEGAL <b>Carlos Vera Aparicio</b>	CORREO ELECTRONICO CONTACTO <b>CMELGAREJO@AUTSYS.CL</b>	NUMERO DE ESTABLECIMIENTO <b>ID 5460888</b>		REGION <b>VIII del Biobio Los Angeles</b>
GIRO DEL ESTABLECIMIENTO <b>Aserradero y acepilladura de madera</b>		CALLE <b>Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20</b>		COMUNA <b>Los Angeles</b>

IDENTIFICACION DE LA FUENTE

N° DE REGISTRO D.S. 138 <b>CA-OR-27653</b>	TIPO DE FUENTE <b>CALDERA AGUA CALIENTE</b>	MARCA <b>Bano Italla</b>	MODELO <b>Agua Caliente</b>	AÑO <b>2007</b>
COMBUSTIBLE UTILIZADO <b>Biomasa</b>	CONSUMO NOMINAL DE COMBUSTIBLE <b>1200 Kg/hr</b>	PRODUCCION NOMINAL <b>2.000.000 Kcal/hr</b>	SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES <b>Ciclon simple</b>	

INDIVIDUALIZACION DE LA E.F.T.A.

NOMBRE O RAZON SOCIAL <b>AMBIQUIM SPA.</b>		RUT <b>76.956.078-5</b>	CODIGO ETFA <b>077-01</b>
CONTAMINANTE <b>Material Particulado</b>	INSPECTOR AMBIENTAL <b>Patricio Araneda Calzadilla</b>	RUT <b>13.135.017-1</b>	
METODO UTILIZADO <b>CH-1, CH-2, CH-3, CH-4, CH-5.</b>	FECHA ACTIVIDAD <b>17 de agosto de 2023</b>	FECHA INFORME DE RESULTADOS <b>11 de septiembre de 2023</b>	FOLIO DEL INFORME <b>IMP-309-23</b>

RESULTADOS

UBICACION PUNTO DE MUESTREO ( mt)	3,45	DESDE LA PERTURBACION MAS PROXIMA AGUAS ARRIBA			NUMERO DE CORRIDAS 3
	9,55	DESDE LA PERTURBACION MAS PROXIMA AGUAS ABAJO			
	PRIMERA CORRIDA	SEGUNDA CORRIDA	TERCERA CORRIDA	MEDIA CORRIDAS	DESVIACION ESTANDAR
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Kgs/Hr) (Biomasa)	400,3	401,7	411	XXXXXXXX	XXXXXXXX
TIEMPO UTILIZADO EN CADA MEDICION (min.)	54	54	54	XXXXXXXX	XXXXXXXX
HORA DE REALIZACION DE LA CORRIDA	15:00	16:18	17:33	XXXXXXXX	XXXXXXXX
CONC. DE MATERIAL PARTICULADO (mg/m3N)	57,2	60,4	52,2	56,6	4,1
CONCENTRACION CORREGIDA (mg/m3N) (6% Oxigeno)	98,3	104,1	87,6	96,7	8,3
EMISION HORA DE CONTAMINANTE (kg/hr)	0,2382	0,2518	0,2173	0,2358	0,0174
CAUDAL DE GASES BASE SECA (m3N/hr)	4160,7	4167,0	4162,6	4163,4	3,2
EXCESO DE AIRE (%)	135,9	135,4	130,3	133,9	3,1
O2 (%)	12,2	12,3	12,0	12,2	XXXXXXXX
CO2 (%)	8,0	7,8	8,1	7,9	XXXXXXXX
CO (%)	0,2542	0,2892	0,2567	0,2667	XXXXXXXX
PORCENTAJE DE ISOCINETISMO (%)	101,5	101,7	101,0	101,4	XXXXXXXX
HUMEDAD DE GASES (%)	7,7	7,6	7,5	7,6	XXXXXXXX
VELOCIDAD DE GASES (m/seg)	10,6	10,6	10,6	10,6	XXXXXXXX
TEMPERATURA DE GASES DE SALIDA (°C)	167	167	168	167	XXXXXXXX
PESO MOLECULAR BASE SECA	29,77	29,73	29,77	29,76	XXXXXXXX
PESO MOLECULAR BASE HUMEDA	28,86	28,84	28,89	28,86	XXXXXXXX
RELACION AIRE (REAL / TEORICO)	1,10	1,12	1,10	1,1	XXXXXXXX
EFICIENCIA DE COMBUSTION (%)	39,0%	37,9%	39,5%	39%	XXXXXXXX

FECHA

septiembre 11, 2023

DECLARO QUE LOS DATOS  
CONSIGNADOS SON DE EXPRESION FIEL  
DE LA REALIDAD POR LO QUE ASUMO LA  
RESPONSABILIDAD CORRESPONDIENTE

PATRICIO ARANEDA CALZADILLA

NOMBRE Y FIRMA DEL LABORATORIO DE  
MEDICION Y ANALISIS

AMBIQUIM SPA. CODIGO ETFA 077-01

Calle 4 N° 2720, Quinta Normal Fono 228136358

Prohibida toda reproducción total o parcial de este documento



## DATOS DE LA FUENTE

---

PROPIETARIO O RAZON SOCIAL	: <b>Forestal La Esperanza S.A.</b>
N° DE REGISTRO DE ESTABLECIMIENTO	: ID 5460888
RUT	: 96.991.450-6
REPRESENTANTE LEGAL	: Carlos Vera Aparicio
GIRO INDUSTRIAL	: Aserradero y acepilladura de madera
DIRECCION	: Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20
COMUNA	: Los Angeles
REGION	: VIII del Biobio Los Angeles
CONTACTO	: Cesar Melgarejo
TELEFONO/FAX	: 997809814
MAIL	: CMELGAREJO@AUTSYS.CL
TIPO DE EQUIPO MUESTREADO	: CALDERA AGUA CALIENTE
FECHA DE LA MEDICION	: 17 de agosto de 2023
N.º REGISTRO D.S.138	: CA-OR-27653
N.º DE FABRICA	: 2007-829
N.º INTERNO	: 2
AÑO DE FABRICACION	: 2007
MODELO	: Agua Caliente
FABRICANTE	: Bano Italia
SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES	: Ciclon simple
TIPO DE COMBUSTIBLE	: Biomasa
HORAS/DIA DE FUNCIONAMIENTO	: 24
DIAS/AÑO DE FUNCIONAMIENTO	: 330
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	: 1.200 Kg/hr
PRODUCCION NOMINAL	: 2.000.000 Kcal/hr
SISTEMA DE EVACUACION DE GASES	: Inducido
FECHA DE VIGENCIA CERTIFICADO DE REVISION (ITI)	: 23-02-2024
CAPACIDAD DE PRODUCCION MAXIMA (Kcal/hr)	: 2000000
MARCA DE QUEMADOR	: Bano Italia

## RESULTADOS

Parámetros	Corrida N°1	Corrida N°2	Corrida N°3	Promedio	Desv. Std
CONC. DE MAT. PARTICULADO (mg/m³N)	57,2	60,4	52,2	56,6	4,1
CONC. CORREGIDA DE MAT. PART. (mg/m³N)	98,3	104,1	87,6	96,7	8,3
EMISION HORARIA (Kg/hr)	0,2382	0,2518	0,2173	0,2358	0,0174
EXCESO DE AIRE (%)	135,9	135,4	130,3	133,9	3,1
CAUDAL DE GASES ESTAND.(m³N/hr)	4160,7	4167,0	4162,6	4163,4	3,25
% O <sub>2</sub>	12,2	12,3	12,0	12,2	0,12
% CO <sub>2</sub>	8,0	7,8	8,1	7,9	0,17
% CO	0,2542	0,2892	0,2567	0,2667	0,0195
ISOCINETISMO (%)	101,5	101,7	101,0	101,4	0,35
HUMEDAD DE LOS GASES (%)	7,7	7,6	7,5	7,6	0,07
VELOCIDAD DE LOS GASES (m/s)	10,6	10,6	10,6	10,6	0,0
TEMPERATURA DE LOS GASES (°C)	167	167	168	167	0,46
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Kg/hr)	400,3	401,7	410,7	404	----
PRODUCCION DE CALOR UTIL (KCal/hr)	1260733,4	1265148,1	1293295,8	1273059	----
FECHA DE LA MEDICION (DD:MM)	17-08-2023	17-08-2023	17-08-2023	----	----
HORA DE LA MEDICION (HH:MM)	15:00	16:18	17:33	----	----

PORCENTAJE DE ERROR RESPECTO A LA MEDIA:

8,6 %

LIMITE DE CUANTIFICACION DEL METODO VALIDADO:

1,0 mg

Según lo establecido en el decreto N° 4/2017 del Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Los Angeles, del 22 de Febrero del 2017, del Ministerio del Medio Ambiente, las fuentes fijas del tipo Caldera no podrán emitir material particulado en concentraciones superiores a 50 mg/m³N.

De acuerdo a los valores de la Concentración corregida al factor de exceso de 6% de oxígeno de emisiones de Material Particulado su concentración fue de 96,7 mg/m³N, resultado que corresponde únicamente a la fuente denominada CALDERA AGUA CALIENTE, número de registro CA-OR-27653.

Según lo establecido en el método CH-5 punto 4.1, "Las mediciones se realizarán considerando tres corridas de muestreo en aquellas fuentes que resulten tener un caudal igual o superior a 1000 m³/Hr. estandarizado y dos corridas con caudal menor a este valor (en ambos casos se deberá considerar el caudal corregido por exceso de aire de acuerdo al tipo de combustible utilizado por la fuente)".

La fuente denominada CALDERA AGUA CALIENTE número de registro CA-OR-27653, al momento de la medición el caudal corregido promedio registrado fue de 4163 m³N/hr. Por lo tanto esta fuente es de tipo puntual y se deben realizar 3 corridas de tomas de muestra de MP.

El cálculo de la potencia térmica declarado de la fuente CA-OR-27653, que opero con Biomasa como combustible al momento del muestreo, registro 4,9 Mwt.

$$(CN \times PCS) \times FC = (3499) \times 1,163 \times 10^{-6} = 4,88 \text{ Mwt}$$

## **COMENTARIOS**

### **ANTECEDENTES DE REFERENCIA**

Forestal La Esperanza S.A. es una empresa dedicada al rubro aserradero y acepilladura de madera. Ubicada en Ruta 180 camino a Nacimiento N°Km 20 en la comuna de Los Angeles en la Región VIII del Biobío Los Angeles.

### **IDENTIFICACIÓN DE LA FUENTE**

La fuente medida corresponde a una caldera agua caliente, numero de registro CA-OR-27653, fabricada por Bano Italia, modelo Agua Caliente, numero de fabrica 2007-829, año de fabricación 2007, una capacidad de generacion instalada de 2.000.000 Kcal/hr, con un quemador marca Bano Italia, con un consumo de combustible de 1.200 Kg/hr de Biomasa, la fuente se encuentra instalada en el establecimiento desde el año 2007.

### **CONDICIONES DE OPERACIÓN**

La fuente se mide de forma normal. Esta fuente consiste en la generación de agua caliente para la calefacción de radiadores ubicados en cabinas de secado de madera, esto se logra con un quemador a biomasa antes mencionado, el muestreo se realiza en una plataforma en la sala de calderas en un ducto circular ubicado de forma vertical, se realizan dos corridas por tratarse de una caldera de tipo puntual, la cual genera mas de 1000 m<sup>3</sup>N/hr de caudal al ambiente, durante los muestreos la caldera no registra detenciones del quemador durante las corridas, se mantuvieron encendidas las bombas de recirculacion de agua de la caldera para mantener la caldera encendida durante los muestreos. Para determinar el porcentaje de la carga se compara los valores calculados con lo declarado en el informe tecnico individual y se evidencia que la carga declarada en el documento no se logra por que se encuentra restringida por la capacidad del quemador y su hogar el cual funciona a su maxima capacidad. Se adjunta imagen con la placa de la caldera con su capacidad nominal. Se sugiere una revision del informe tecnico individual el cual se acorde con la capacidad de la caldera.

Parámetros	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Promedios
Tiempo por corrida (min)	62	61	59	61 Min.
Eficiencia de caldera (%)	90	90	90	90 %
Presión normal de trabajo (psi)	70	70	70	70 psi
Temperatura de entrada de agua (C°)	70,0	70,0	70,0	70 °C
Calculo de potencia termica por corrida (MWt)	1,6	1,6	1,7	1,65 MWt
Consumo de combustible por corrida (Kg/Hr)	400,3	401,7	410,7	404,2 Kg/Hr
Porcentaje de carga (%)	33,4	33,5	34,2	33,7 %
Calculo de calor util por corrida (Kcal/hr)	1260733	1265148	1293296	1273059,1 Kcal/Hr
Porcentaje de carga (%)	63,0	63,3	64,7	63,7 %

### **MEDICIÓN**

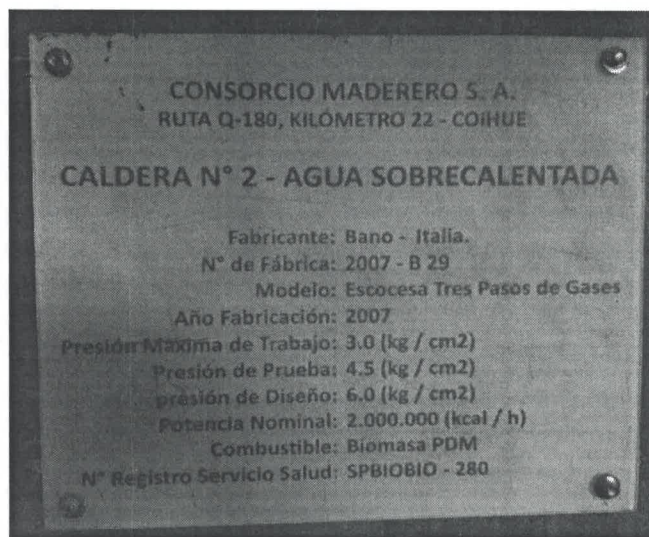
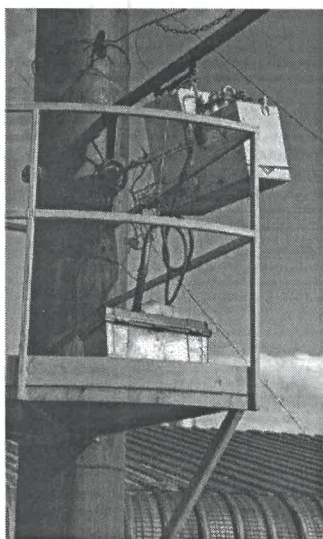
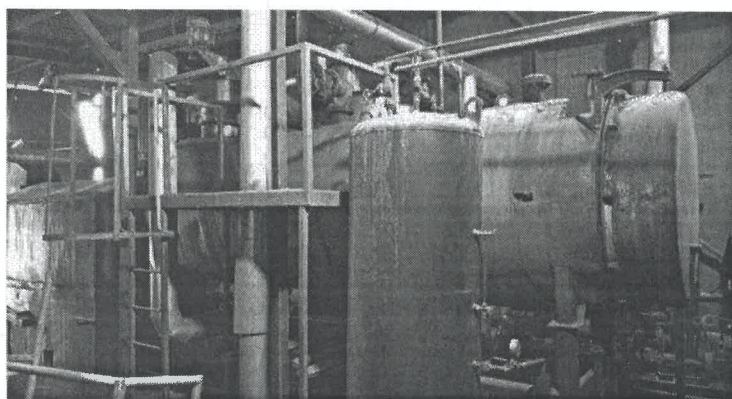
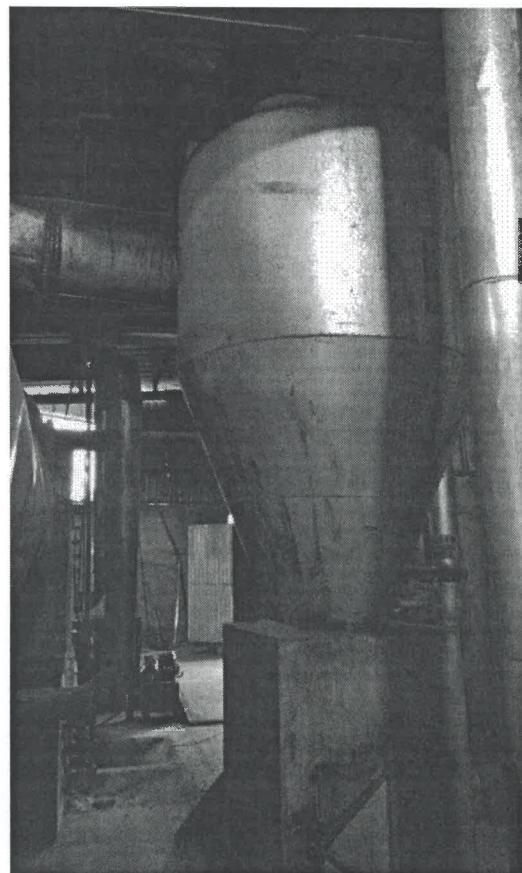
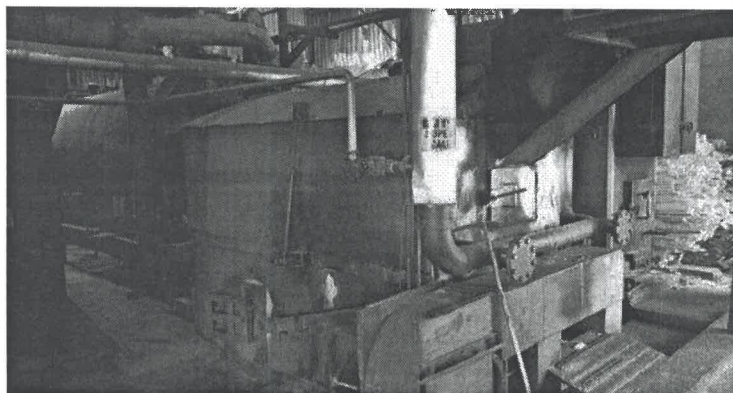
La fuente presenta ausencia de flujo ciclónico de gases en la sección transversal donde se ubican los puertos de muestreo. Se considera una grilla de 6 puntos por las 2 coplas, con un tiempo de medicion por punto de 4,5 minutos durante las corridas.

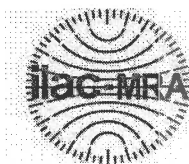
### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

La concentracion corregida promedio con un factor de correccion de 6% de oxigeno, arroja una concentracion de material particulado de 96,7 mg/m<sup>3</sup>N, presentando una desviación de 8,35 %, durante las 3 corridas de medicion.

## ESQUEMA DE LA FUENTE

CALDERA AGUA CALIENTE N° de registro SSBIOBIO-280 CA-OR-27653





## HOJA DE RESUMEN DE DATOS

Porcentaje de oxígeno  
 Porcentaje de dióxido de carbono  
 Porcentaje de monóxido de carb.  
 Presión inicial en el DGM  
 Temperatura en el DGM  
 Coeficiente del Pitot  
 Humedad en el DGM  
 Humedad estimada de gases  
 Temperatura gases chimenea  
 Peso molecular húmedo  
 Presión chimenea  
 Velocidad promedio gases  
 Diámetro boquilla  
 DH@ del equipo  
 Peso molecular seco  
 Diferencia de presión promedio placa orificio  
 Caudal en el DGM  
 Tiempo total de muestreo  
 Coeficiente de calibración DGM  
 Volumen registrado en el DGM  
 Presión barométrica lugar muestreo  
 Volumen registrado en el DGM Condiciones estándar  
 Volumen de vapor de agua condensada  
 Vol. de vapor de agua condens. Correg. En Cond. Estándar  
 Peso final impinger sílica gel  
 Peso inicial impinger de sílica gel  
 Vol. de vapor de agua en sílica gel en condiciones estándar  
 Fracción de humedad en volumen  
 Velocidad de flujo  
 Área transversal de la chimenea  
 Caudal gas en condiciones estándar  
 Peso de material particulado en acetona  
 Peso de material particulado en filtro  
 Peso total de material particulado  
 Concentración material particulado  
 Concentración material particulado corregida por Ex. De aire  
 Emisión  
 Volumen de agua en impingers y sílica gel  
 Área de boquilla  
 Isocinetismo  
 Desviación estándar de las tres corridas

	1ªCorrida	2ªCorrida	3ªCorrida
% O <sub>2</sub>	12,2	12,3	12,0
%CO <sub>2</sub>	8,0	7,8	8,1
%CO	0,2542	0,2892	0,2567
Pm (mmHg)	734,4	734,4	734,4
Tm (°K)	292	294	297
Cp	0,84	0,84	0,84
Bwm (%)	0	0	0
Bws (%)	7	7	7
Ts (°K)	440	440	441
Ms (g/mol)	28,86	28,84	28,89
Ps (mmHg)	764,6	764,6	764,6
DP (mmH <sub>2</sub> O)	6,54	6,54	6,54
Dn (pulg)	0,3091	0,3091	0,3091
DH@ (mmH <sub>2</sub> O)	45,643	45,643	45,643
Md (g/gmol)	29,77	29,73	29,77
DH (mmH <sub>2</sub> O)	38,9	38,9	38,9
Qm (m <sup>3</sup> /min)	0,0196	0,0198	0,0199
t (min)	54	54	54
Y	1,016	1,016	1,016
Vm (m <sup>3</sup> )	1,014	1,025	1,025
Pbar (mmHg)	765,0	765,0	765,0
Vm(std) (m <sup>3</sup> )	1,062	1,066	1,057
Vwc(ml)	34,1	34,1	34,1
Vwc (std) (ml)	46,2	46,2	46,2
Wf (g)	228,9	230,6	229,4
Wi (g)	200,0	200,0	200,0
Vwsg(std) (ml)	39,3	41,6	40,0
Bws	7,7	7,6	7,5
Vs (m/s)	10,6	10,6	10,6
A (m <sup>2</sup> )	0,1735	0,1735	0,1735
Q(std) (m <sup>3</sup> /hr)	4160,7	4167,0	4162,6
ma (mg)	43,3	23,8	34,3
mf (mg)	17,5	40,6	20,9
mn (mg)	60,8	64,4	55,2
Cs (mg/m <sup>3</sup> N)	57,2	60,4	52,2
Ccorr (mg/m <sup>3</sup> N)	127,4	134,2	113,4
E (Kg/hr)	0,2382	0,2518	0,2173
Vlc (ml)	65,0	64,7	63,5
An (m <sup>2</sup> )	0,000048	0,000048	0,000048
I (%)	101,5	101,7	101,0
D	8,3	8,3	8,3



**Notario Santiago Ivan Torrealba Acevedo**

Certifico que el presente documento electrónico es ESCRITURA PUBLICA otorgado el 15 de Noviembre de 2017 reproducido en las siguientes páginas.

Repertorio N°: 19798 - 2017.-

Santiago, 16 de Noviembre de 2017.-



**N° Certificado: 123456796446.-**  
**www.fojas.cl**

Emito el presente documento con firma electrónica avanzada (ley No19.799, de 2002), conforme al procedimiento establecido por Auto Acordado de 13/10/2006 de la Excm. Corte Suprema.-

Certificado N° 123456796446.- Verifique validez en [www.fojas.cl](http://www.fojas.cl).-

CUR N°: F108-123456796446.-

Pag: 1/1

LUIS IVAN TORREALBA ACEVEDO

Digitally signed by LUIS IVAN TORREALBA ACEVEDO  
Date: 2017.11.16 09:21:33 -03:00  
Reason: Notaria Ivan Torrealba Acevedo  
Location: Santiago - Chile



Cert. N° 123456789446  
Verifique validez en  
http://www.fojas.cl

MANDATO JUDICIAL

M:509361.-

FORESTAL LA ESPERANZA S.A.

A

ARELLANO VILLASECA FRANCISCO JOSÉ



EN SANTIAGO DE CHILE, a quince de noviembre de dos mil  
diecisiete, ante mí, IVAN TORREALBA ACEVEDO, chileno,  
casado, abogado y Notario Público Titular de la  
Trigésima Tercera Notaría de Santiago, cédula nacional  
de identidad número [REDACTED]

[REDACTED]  
domiciliado en calle Huérfanos número novecientos  
setenta y nueve, oficina quinientos uno, de la comuna  
de Santiago, comparecen: Don **PEDRO ANTONIO GARCIA  
EYHERAMENDY**, chileno, casado, ingeniero comercial,  
cédula de identidad número [REDACTED]

[REDACTED] y don **PABLO  
VARGAS CASTRO**, chileno, casado, ingeniero, cédula de  
identidad número [REDACTED]





[REDACTED] ambos en representación según se acreditará de la sociedad **FORESTAL LA ESPERANZA S.A.**, sociedad del giro de su denominación, Rol único tributario número noventa y seis millones novecientos noventa y un mil cuatrocientos cincuenta guion seis, en adelante "la Sociedad", todos domiciliados en Avenida las Condes once mil trescientos ochenta, oficina sesenta y dos, comuna de Vitacura, ciudad de Santiago, Región Metropolitana, los comparecientes mayores de edad, quienes acreditan sus identidades con las cédulas mencionadas y exponen: PRIMERO: Que por este instrumento vienen en conferir mandato judicial especial al abogado **FRANCISCO JOSÉ ARELLANO VILLASECA**, chileno, casado, cédula nacional de identidad y Rol Único Tributario número [REDACTED]

[REDACTED]  
con domicilio en la ciudad de Los Ángeles, Región del Bío-Bío, [REDACTED]

[REDACTED] en adelante "el mandatario", para que represente a **FORESTAL LA ESPERANZA S.A.** con las más amplias facultades ante todos los Tribunales de Justicia de la República, ya sean éstos ordinarios, especiales o arbitrales, de competencia común o especial, y ante organismos administrativos. SEGUNDO: Para el desempeño de su cometido, el mandatario estará investido de todas las facultades señaladas en ambos incisos del artículo séptimo del Código de Procedimiento Civil,



especialmente las de transigir, comprometer, otorgar a los árbitros facultades de arbitradores, aprobar convenios, comprendiéndose en ésta la transacción extrajudicial, percibir, absolver posiciones, confesar deuda sólo para negar la deuda, y desistirse en primera instancia de la acción deducida. Actuando en representación del mandante, el mandatario podrá deducir todo tipo de acciones judiciales, solicitudes ante organismos administrativos, demandas o recursos y oponer todo tipo de excepciones o defensas, sean de índole civil, criminal, de familia, laboral, tributaria, administrativa o cualquier otra, y especialmente se les faculta para demandar y ejercer todo tipo de acciones judiciales y extrajudiciales, otorgar rectificaciones, firmar todas las escrituras públicas, instrumentos, escritos y documentos que nazcan del ejercicio de este mandato, para que se constituya en agente oficioso si lo estimare necesario. Asimismo, el mandante confiere poder especial al mandatario para que lo represente, con amplias facultades, ante los Servicios del Trabajo, en conformidad con el artículo veintinueve del Decreto con Fuerza de Ley número Dos de mil novecientos sesenta y siete, en los reclamos deducidos en su contra, confiriéndole expresamente la facultad de transigir, atendida la naturaleza compositiva de los procedimientos seguidos ante estos órganos.

En el cumplimiento de su mandato, podrá el mandatario



patrocinar y actuar personalmente en las presentaciones y tramitaciones, podrá nombrar abogados patrocinantes y apoderados con todas las facultades que por este instrumento se le confieren, y pudiendo delegar este poder y reasumirlo cuantas veces lo estime conveniente.- **PERSONERÍA:** La personería de don **Pedro Antonio García Eyheramendy** y de don **Pablo Vargas Castro** para actuar en representación de Forestal La Esperanza S.A., consta en escritura pública de fecha quince de Abril de dos mil cinco, otorgada ante el Notario Público de la ciudad de Santiago don Eduardo Avello Concha, la que no se inserta por haberla tenido a la vista por el Notario que autoriza y ser conocida de esté. En comprobante firman, previa lectura. Se dio copia y se anotó en el LIBRO DE REPERTORIO con el número señalado. DOY FE

1. PEDRO ANTONIO GARCÍA EYHERAMENDY y 2. PABLO VARGAS CASTRO  
en rep. de FORESTAL LA ESPERANZA S.A.

AUTORIZO COMO NOTARIO REEMPLAZANTE DE  
CONFORMIDAD CON EL ARTICULO 177 DE LA LEY 18700

