

Presentación de avances del Proyecto:

# Análisis del impacto técnico y ambiental del uso de biomasa de caña de azúcar como combustible y del potencial de aprovechamiento de las cenizas de combustión



**Bryan Munera**  
Ingeniero Sanitario y Ambiental  
[bmunera@cenicana.org](mailto:bmunera@cenicana.org)

**Julián Lucuara**  
Ingeniero Mecánico  
[lелucuara@cenicana.org](mailto:lелucuara@cenicana.org)

# El Proyecto

## Objetivo general

Evaluar el impacto del uso de combustibles de biomasa derivada de la caña de azúcar en los sistemas de generación de vapor, considerando aspectos técnicos y ambientales, así como identificar las alternativas para el aprovechamiento de las cenizas de combustión.

## Objetivos específicos

- **Establecer el impacto técnico** (incrustaciones, corrosión, transferencia de calor) **y ambiental** (PCDD/PCDF, MP, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, metales) **del uso de combustibles de biomasa derivados de caña de azúcar** en los sistemas de generación de vapor en el sector agroindustrial de la caña de azúcar a través de técnicas cuantitativas.
- **Valorar el potencial de usos alternativos para las cenizas de combustión** generadas en la agroindustria de la caña de azúcar, en función de su prefactibilidad técnica y ambiental.





# Componente 1

## Uso de biomasa de caña de azúcar como combustible

### Impacto técnico



Desarrollo de una sonda invasiva para la recolección y cuantificación de cenizas y tasas de incrustación y corrosión durante el uso del RAC como combustible.



Recolección y caracterización de los depósitos y cenizas formados durante pruebas de combustión de RAC.



Caracterización del comportamiento de la transferencia de calor en las calderas seleccionadas.

Identificar alternativas que permitan reducir el impacto de RAC en el desempeño y mantenimiento de las calderas.

### Impacto ambiental



Cuantificar la emisión de contaminantes (PCDD/PCDF, PM, NOx, SOx, metales) de la operación tradicional y con RAC en las calderas seleccionadas.

Cuantificar la liberación al residuo (cenizas volantes y bajo parrilla) de contaminantes (PCDD/PCDF y metales).

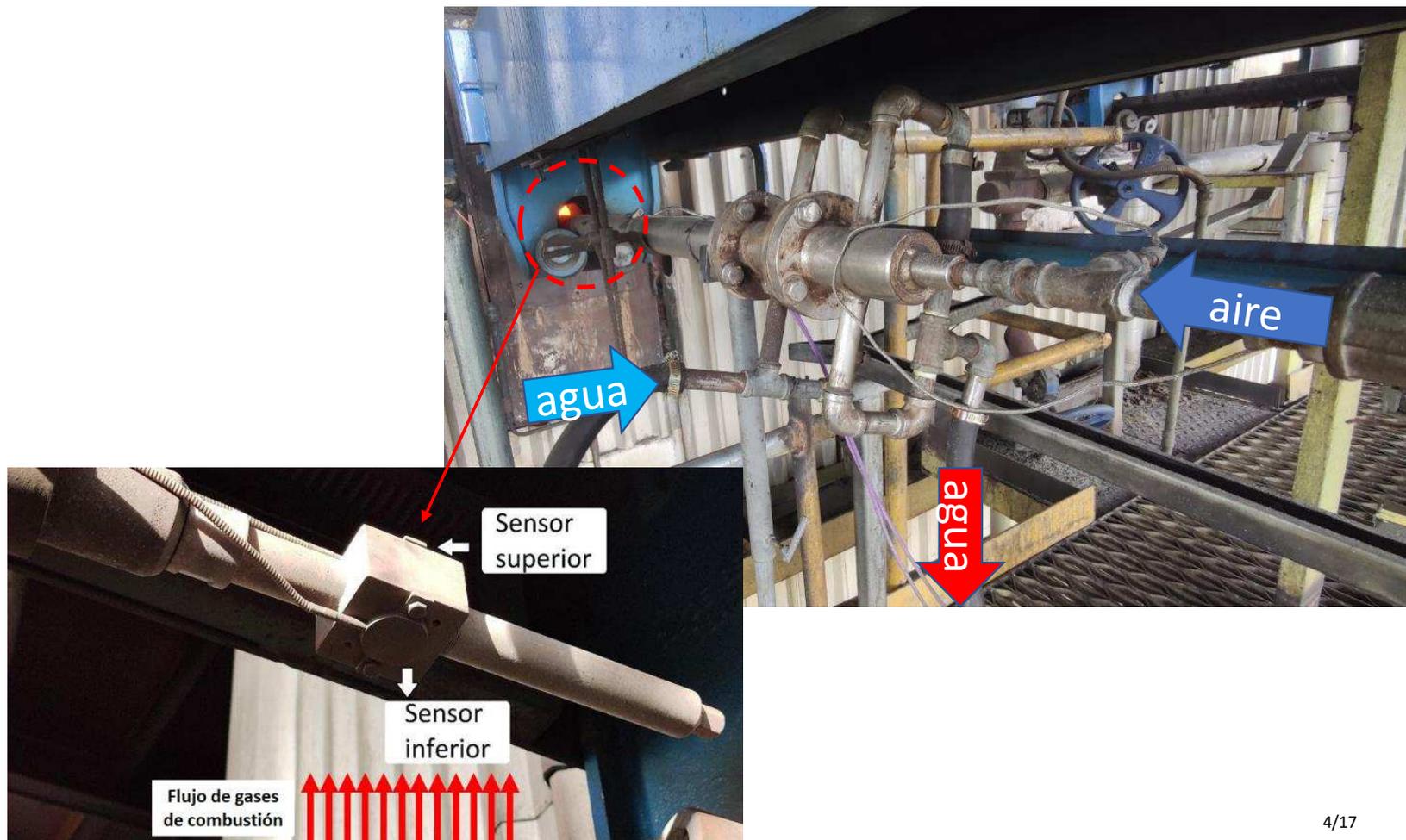


## Componente 1

## Impacto técnico



Desarrollo de una sonda invasiva para la recolección y cuantificación de cenizas y tasas de incrustación y corrosión durante el uso del RAC como combustible.





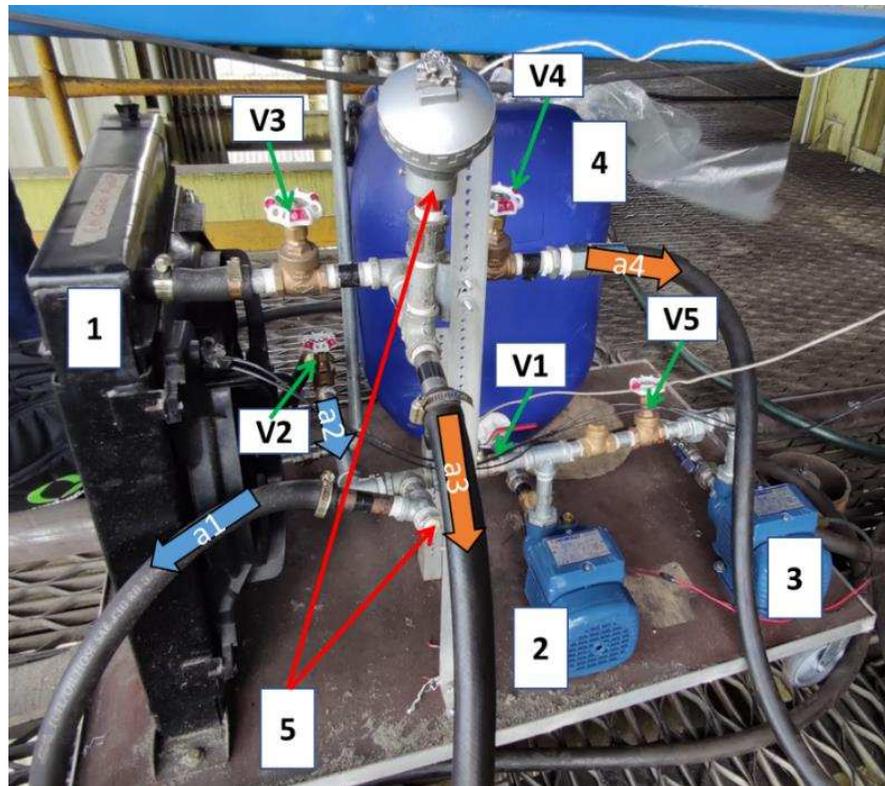
## Componente 1

## Impacto técnico



Desarrollo de una sonda invasiva para la recolección y cuantificación de cenizas y tasas de incrustación y corrosión durante el uso del RAC como combustible.

## SISTEMA DE REFRIGERACIÓN



Ítem	Descripción
1	Radiador y moto ventilador
2	Bomba periférica principal
3	Bomba periférica de respaldo
4	Tanque de agua
5	Sensores de temperatura (RTD's)
V1	Válvula principal descarga bombas
V2	Válvula principal agua del ingenio
V3	Válvula de ingreso a radiador
V4	Válvula para descarga a pérdida
V5	Válvula bypass bomba respaldo
a1	Agua hacia probeta
a2	Agua desde el ingenio (Contingencia)
a3	Retorno de agua caliente desde probeta
a4	Descarga de agua a pérdida (Contingencia)



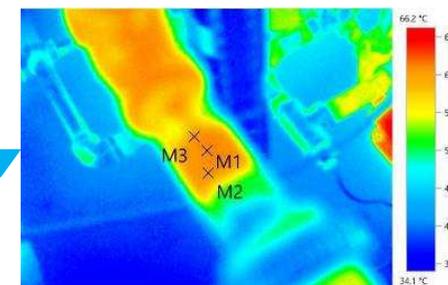
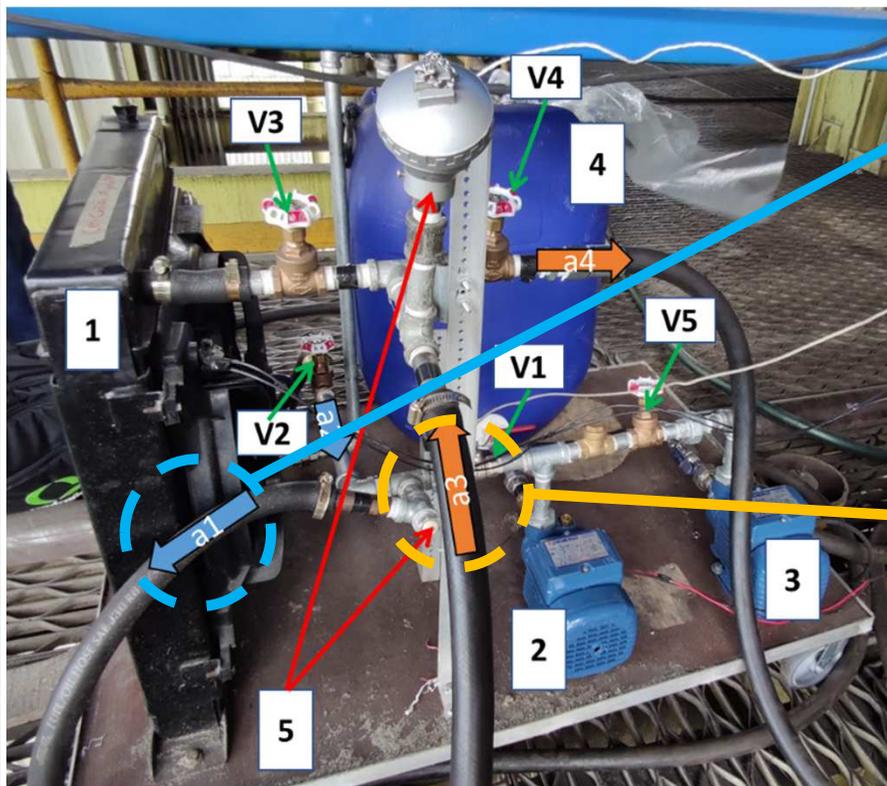
# Componente 1

## Impacto técnico

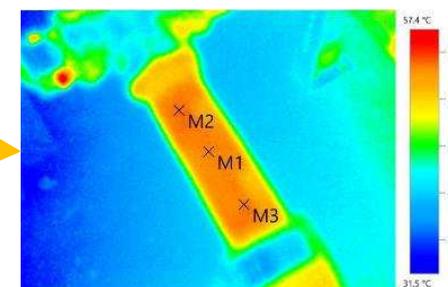


Desarrollo de una sonda invasiva para la recolección y cuantificación de cenizas y tasas de incrustación y corrosión durante el uso del RAC como combustible.

### SISTEMA DE REFRIGERACIÓN



Objetos de medición	Temp. [°C]
Punto de medición 1	53.0
Punto de medición 2	53.4
Punto de medición 3	53.1



Objetos de medición	Temp. [°C]
Punto de medición 1	60.5
Punto de medición 2	59.5
Punto de medición 3	59.1



# Componente 1

## Impacto técnico



Desarrollo de una sonda invasiva para la recolección y cuantificación de cenizas y tasas de incrustación y corrosión durante el uso del RAC como combustible.

### SISTEMA DE CONTROL, TRANSMISIÓN DE DATOS Y SEGUIMIENTO

Sistema de **almacenamiento y transmisión de datos** de medición de la probeta que permita el **monitoreo continuo** de las variables críticas (temperatura) y la generación de alertas ante desviaciones que sea peligrosas para la operación tanto de la probeta como de la caldera.

The screenshot shows the ChirpStack web interface. The browser address bar indicates the URL: `200.29.237.8:8080/#/organizations/5/applications/14/devices/0080000000018a73/data`. The page title is "Applications / Probeta / Devices / nodo\_probeta". The "DEVICE DATA" tab is selected, showing a table of data points:

Time	Direction	Action
3:38:15 PM	uplink	▼
3:37:15 PM	uplink	▼
3:36:14 PM	uplink	▼

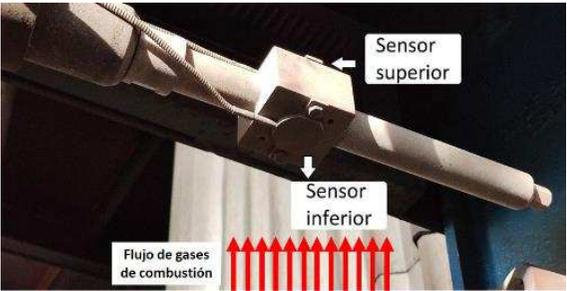
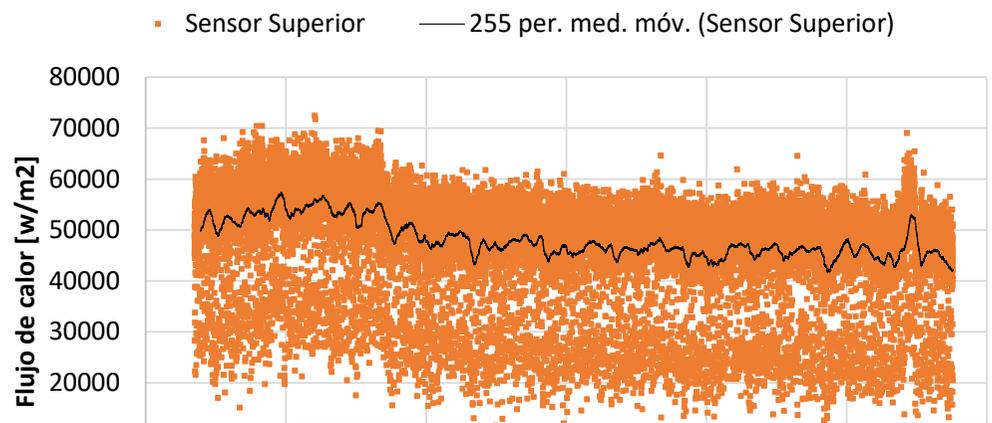
Buttons for "HELP", "PAUSE", "DOWNLOAD", and "CLEAR" are visible above the table.

# Componente 1

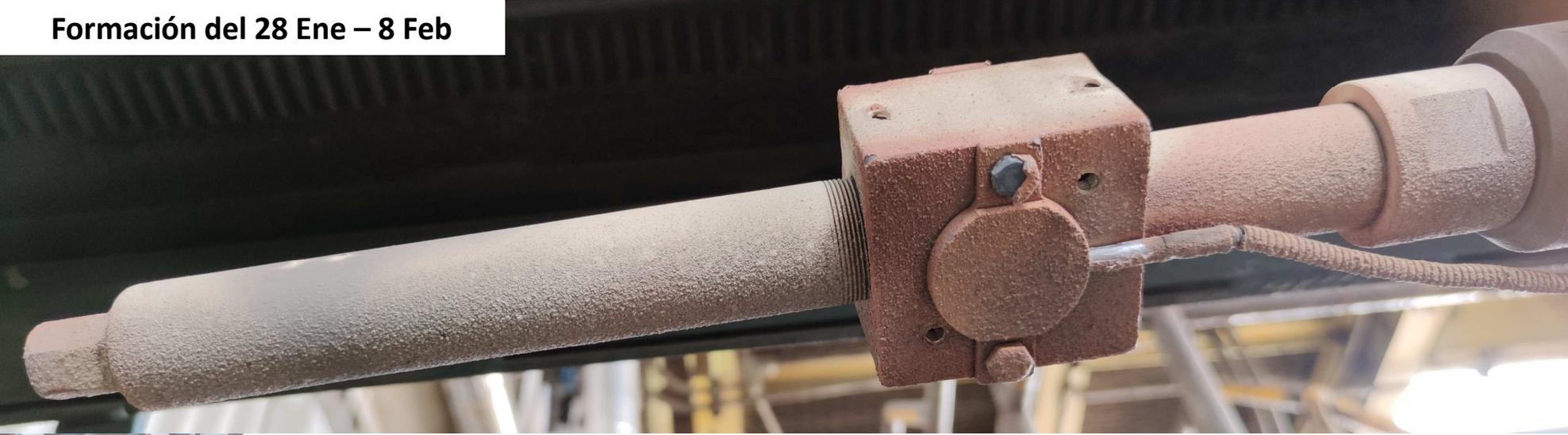
## Impacto técnico

Recolección y caracterización de los depósitos y cenizas formados durante pruebas de combustión de RAC.

Caracterización del comportamiento de la transferencia de calor en las calderas seleccionadas.



**Formación del 28 Ene – 8 Feb**





# Componente 1

## Impacto técnico



Recolección y caracterización de los depósitos y cenizas formados durante pruebas de combustión de RAC.

Caracterización del comportamiento de la transferencia de calor en las calderas seleccionadas.

### PLAN DE MUESTREO – CARACTERIZACIÓN COMBUSTIBLES

Hora muestreo	Muestra	Submuestra	Carbón (Ca)	RAC (RC)	Mezcla (MZ)	Cenizas	Bagazo
Turno 1	7:30	M1	SM 1.1	x	x	x	Compuesto de cada 2 horas tomado por laboratorio de fábrica
	10:30		SM 1.2	x	x	x	
Turno 2	15:30	M2	SM 2.1	x	x	x	Compuesto de cada 2 horas tomado por laboratorio de fábrica
	19:30		SM 2.2	x	x	x	
Turno 3	23:30	M3	SM 3.1	x	x	x	Compuesto de cada 2 horas tomado por laboratorio de fábrica.



Poder calorífico



Cenizas



Composición Elemental de cenizas



Humedad



Composición Elemental y próxima

## Componente 2

### Manejos alternativos para las cenizas de combustión

#### Base de datos



Generación, manejo y usos actuales.



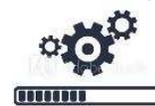
Muestreo y caracterización fisicoquímica de cenizas volantes y de bajo parrilla.

#### Evaluación de usos potenciales

Uso potencial de cenizas como agente mejorador de suelos.

Efecto de las cenizas sobre las principales propiedades físicas y químicas del suelo.

Potencial de lixiviación de metales pesados.



Evaluar el uso potencial de las cenizas como adición mineral puzolánica para la fabricación de cemento.



Evaluar el uso potencial de las cenizas como agente reforzante de polímeros reciclados.





## Componente 2

## Generación y manejo de cenizas

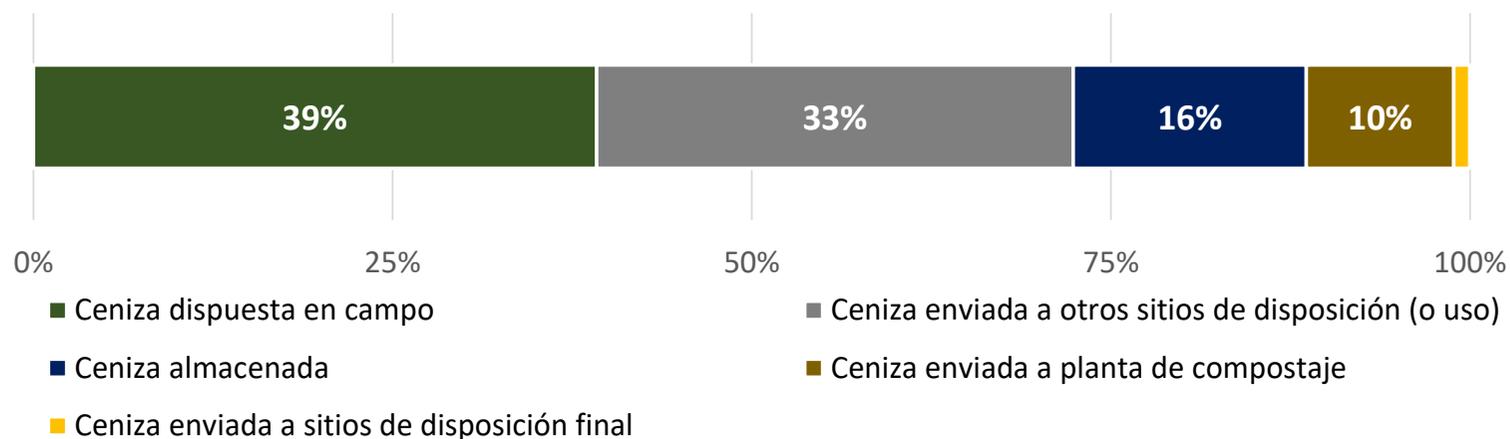


En promedio\*, la generación de cenizas en 2019 fue

**26.3 kg/t caña**

Máximo: 45.3 | Mínimo: 9.7

### Manejo de las cenizas - Año 2019



11/17  
\* Promedio ponderado

## Componente 2

## Muestreo y caracterización



2 muestras por turno/7 días

Octubre/Diciembre - 2020

11/12 Ingenios

### Muestreo de cenizas volantes y de bajo parrilla



### Caracterización fisicoquímica

FRX

Composición química de las cenizas y pérdidas por ignición.

DRX

Identificación de fases cristalinas y su grado de reactividad.

Difracción Láser

Determinación del tamaño de partícula (Cenizas volantes).

Tamizado

Determinación del tamaño de partícula (Cenizas de bajo parrilla).

SEM

Determinación parámetros morfológicos de las partículas.

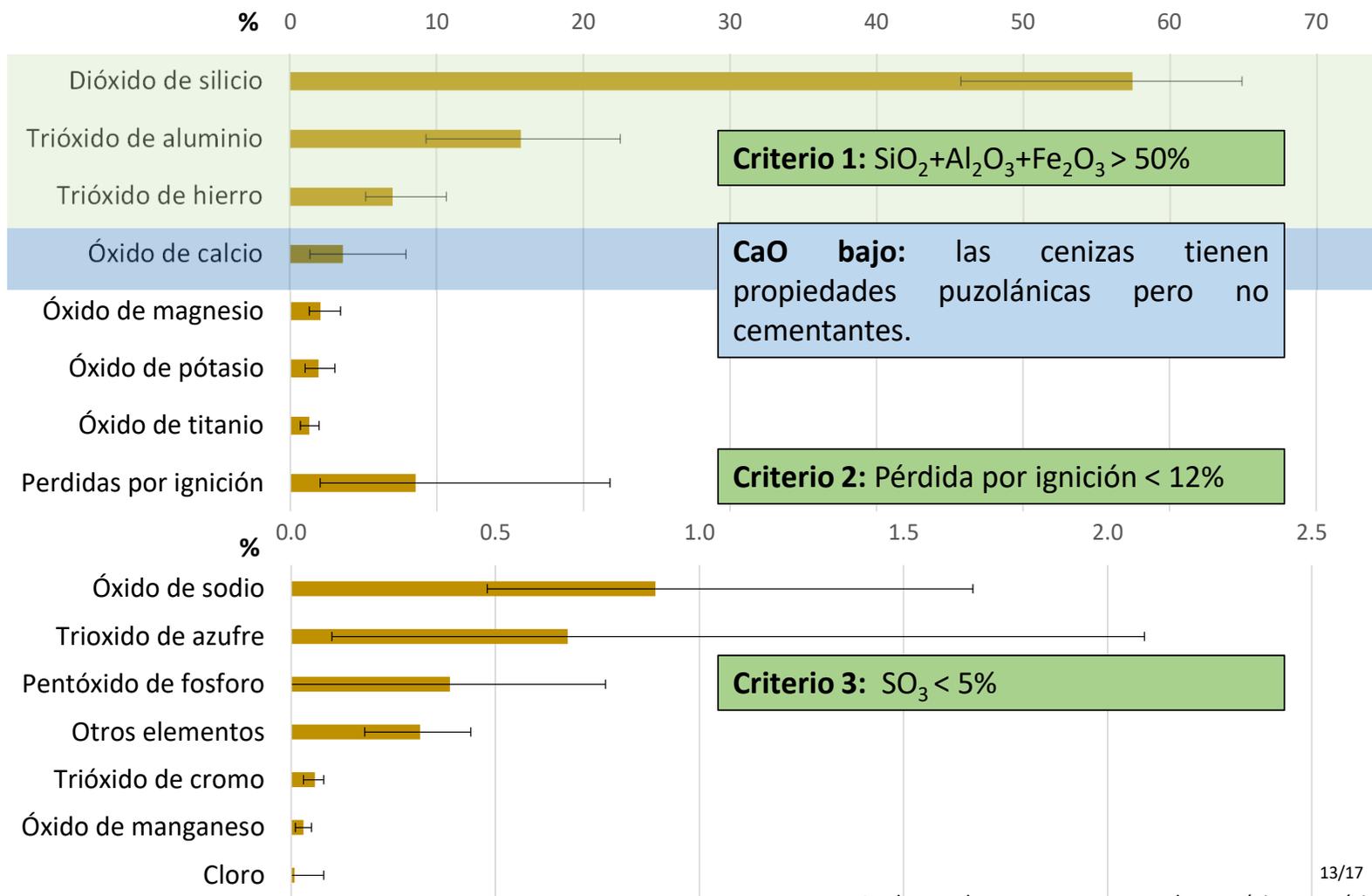


## Componente 2

## Caracterización fisicoquímica (1)



### Composición química | FRX | Cenizas de bajo parrilla



Las barras de error representan valores máximos y mínimos

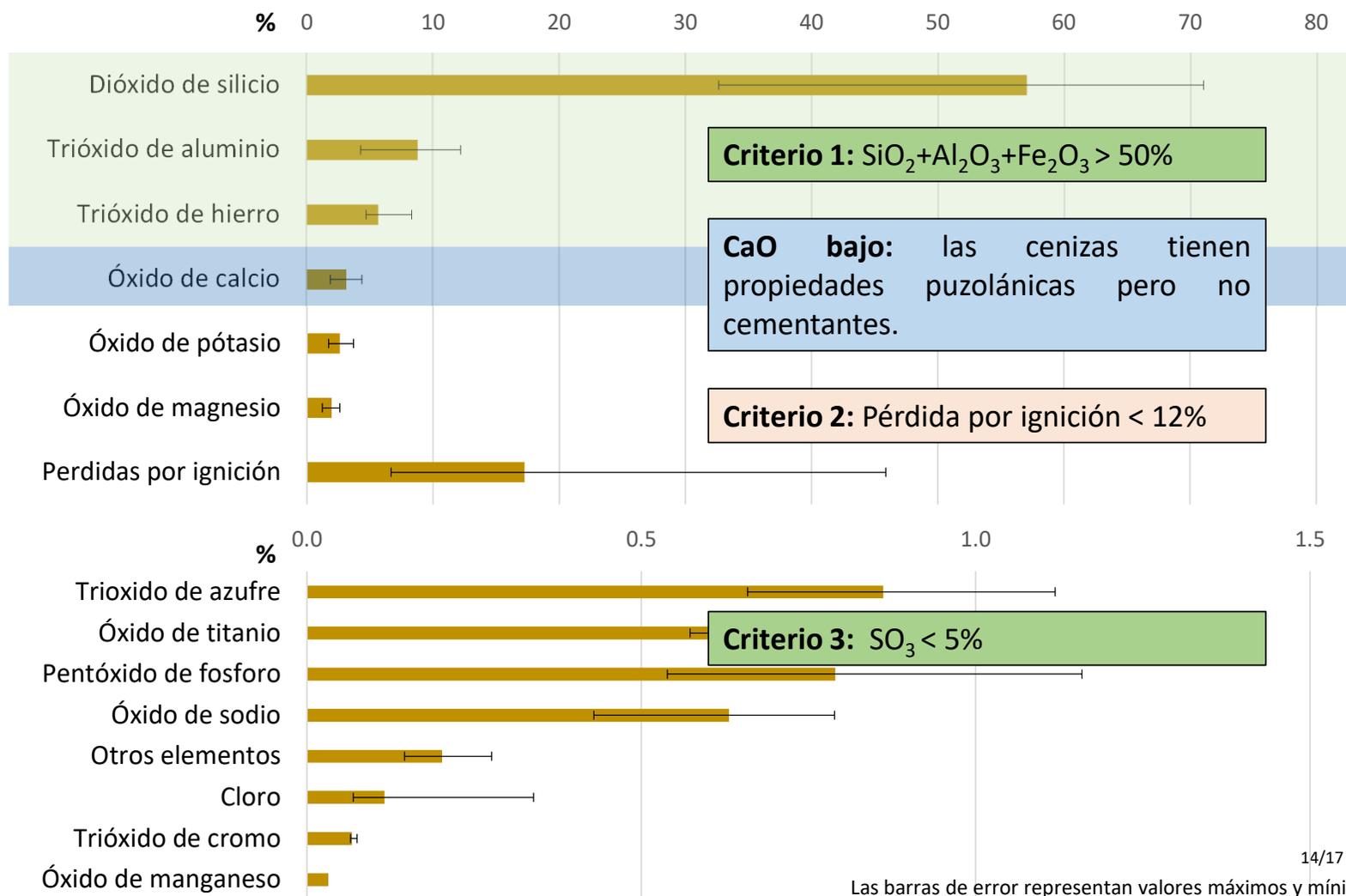


## Componente 2

## Caracterización fisicoquímica (2)

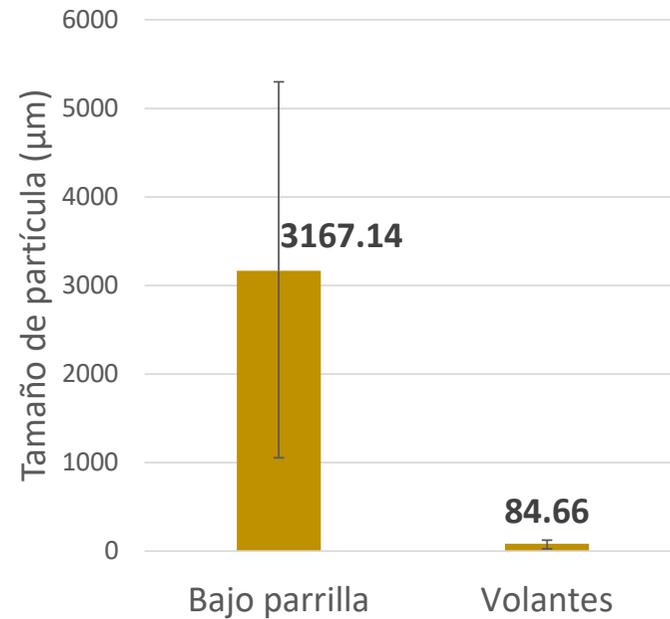


### Composición química | FRX | Cenizas volantes



## Componente 2

## Caracterización fisicoquímica (3)



Cenizas de bajo parrilla  
(Carbón en mezcla)



Cenizas de bajo parrilla  
(100% bagazo)



Cenizas volantes  
(Carbón en mezcla)



Cenizas  
volantes  
(100% bagazo)

15/17

Las barras de error representan valores máximos y mínimos



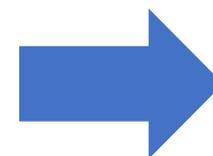
## Componente 2

## Pruebas de viabilidad técnica



### Matriz de selección de muestras

<b>Criterios Técnicos Cemento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material orgánico</li> <li>• Comp. química</li> <li>• Tamaño de partícula</li> <li>• Reactividad</li> <li>• Morfología</li> </ul>
<b>Criterios Técnicos Polímeros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material orgánico</li> <li>• Tamaño de partícula</li> <li>• Reactividad</li> <li>• Morfología</li> </ul>
<b>Criterios Estratégicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escala de producción</li> <li>• Sistema de disposición de ceniza</li> <li>• Humedad de la ceniza</li> <li>• Vigencia tecnológica de calderas y sistemas de separación de cenizas</li> </ul>



### Dos muestras seleccionadas

<b>Criterios técnicos</b>	Mayor vs. Menor puntuación.
<b>Vigencia tecnológica</b>	Calderas modernas, sistemas de separación similares.
<b>Mezcla de combustibles</b>	Carbón y bagazo. Diferentes proporciones.
<b>Ubicación geográfica</b>	Contrastante.

## Proyecciones



- **Recolección y caracterización de los depósitos y cenizas formados durante pruebas de combustión de RAC.**
- **Caracterización de las emisiones de las calderas** que utilizan biomasa de la caña de azúcar como combustible, en términos de **PCDD/PCDF, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP.**
- Pruebas de viabilidad del uso de cenizas como **adición mineral para la fabricación de cemento y como refuerzo de polímeros reciclados (En curso).**
- Pruebas de transferencia y movilidad de **metales pesados en suelo.**
- Observación del efecto de las cenizas sobre las **propiedades fisicoquímicas del suelo**