



# EXCELENCIA ENERGÉTICA

## Pro-Redes 2023

**OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL DESEMPEÑO  
ENERGÉTICO**

Bogotá, D.C. Colombia.

06 jul 2023

**La BOGOTÁ**  
que estamos construyendo



SECRETARÍA DE  
AMBIENTE

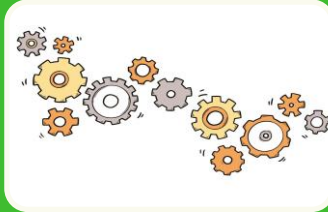




# CONTENIDO

1. Tipos de oportunidades de mejora del desempeño energético
2. Oportunidades de mejora operacionales y de mantenimiento
3. Oportunidades de mejora por gestión de la producción
4. Oportunidades de mejora cambio tecnológico
5. Sistemas de Generación de vapor
6. Sistemas de Condensado
7. Hornos
8. HVAC
9. Casos de éxito
10. e2 Energía Eficiente

# TIPOS DE OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO



Mejoras  
Operacionales



Mejoras por  
Mantenimiento



Mejoras por  
Gestión de la  
Producción



Mejoras por  
Cambios  
tecnológicos

# OPORTUNIDADES DE MEJORA OPERACIONALES Y DE MANTENIMIENTO

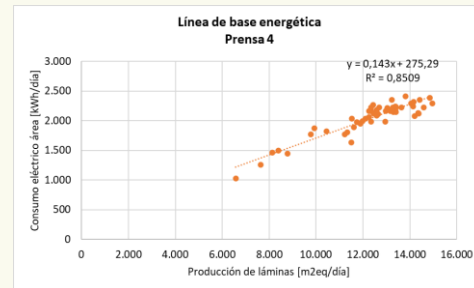
Cada uso de la energía puede tener desviaciones del consumo de energía en función de algún factor. La cuestión es:

- ¿Cuál es ese factor?
- ¿Cómo interactúa con el consumo de energía ?

Para controlar el consumo de energía es necesario conocer **qué variables controlan la desviación de su consumo.**

**Las causas que producen variabilidad del consumo de energía** en un Uso Significativo de Energía (USE) **se le denominan variables relevantes del consumo de energía o variables de control.**

La determinación e implementación de límites de práctica eficiente para las variables relevantes son oportunidades fundamentales para establecer un control operacional y mejorar el desempeño energético.



**Nula, baja y  
media  
inversión**



# EJEMPLOS GENERALES DE MEDIDAS OPERACIONALES

- ✓ Ajuste del régimen de purga
- ✓ Cambio temperatura agua alimentar
- ✓ Cambios relación aire combustible
- ✓ Selección adecuada de la presión de trabajo de los generadores de vapor
- ✓ Ajuste periódico de la combustión
- ✓ Ajuste periódico del tiro de aire y gases.
- ✓ Reducción de presión de vapor
- ✓ Reducción de presión de aire comprimido
- ✓ Reducción de presiones de sistemas hidráulicos
- ✓ Aumentos de temperaturas de enfriamiento
- ✓ Reducción de temperaturas de calentamiento.



# EJEMPLOS GENERALES DE MEDIDAS POR MANTENIMIENTO

## Mantenimiento centrado en la eficiencia garantizando:

- ✓ Cambio en los niveles de ensuciamiento (caída de presión)
- ✓ Estado adecuado de lubricación (temperatura de aceites)
- ✓ Alineación del acoplamiento (nivel de vibraciones)
- ✓ Control fugas
- ✓ Estado de ventilación del motor (Temperatura del motor)



# EJEMPLOS GENERALES GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

- ✓ Trabajar con altos factores de carga.
- ✓ Reducción de tiempos de cambios de productos
- ✓ Reducción de tiempos de arranque de equipos
- ✓ Reducción de tiempos de limpieza con equipos en vacío
- ✓ Reducción de tiempos de ciclos de producción.
- ✓ Desconexión de cargas de ventilación y aire comprimido cuando no se produce
- ✓ Trabajar a las mayores ratas de producción posibles
- ✓ Reducción de rechazos
- ✓ Reducción de reprocesos
- ✓ Reducir recorridos innecesarios en los procesos
- ✓ Coordinación de valles y picos de demanda entre producción y operación de servicios.
- ✓ Planear la producción y la energía requerida para producir.



**Nula, baja y media inversión**





# EJEMPLOS GENERALES CAMBIO TECNOLÓGICO

- ✓ Mejora en los sistemas de control
- ✓ Mejora en los sistemas de automatización
- ✓ Cambios tecnológicos en equipos que reducen la demanda de energía
- ✓ Cambios tecnológicos en los procesos que reducen las pérdidas energéticas.
- ✓ Cambio de fuentes energéticas
- ✓ Introducción de fuentes renovables de energía
- ✓ Introducción de tecnologías para el aprovechamiento de la energía residual al medio ambiente.
- ✓ Cambio tecnológico o introducción de tecnologías para la integración energética de procesos productivos o de sistemas de transformación de la energía.
- ✓ Sustitución de equipos, materias primas o cambio de procesos.



Alta inversión

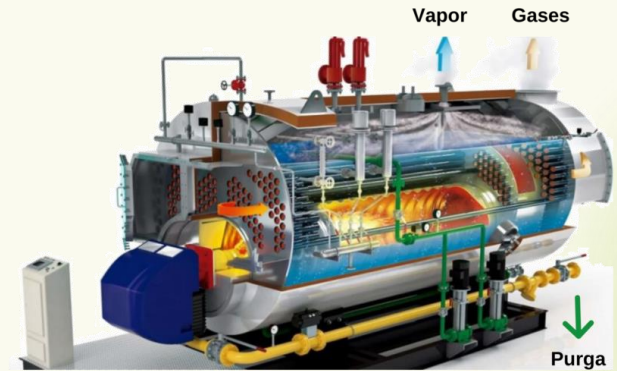




# SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR

*Los focos de pérdidas principales en calderas son:*

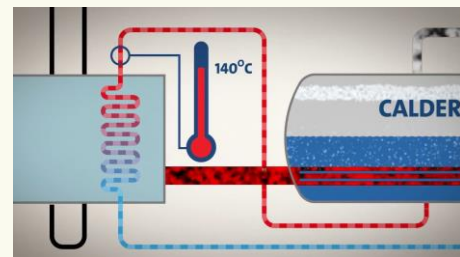
- ✓ Inquemados ( desajuste de combustión)
- ✓ Alta temperatura de gases ( desajuste de combustión)
- ✓ Elevada temperatura de paredes
- ✓ Excesivo control de purgas
- ✓ Baja temperatura y calidad del agua de alimentación
- ✓ Fugas de vapor
- ✓ Deficiente elección de la presión de trabajo
- ✓ Mala calidad y preparación del combustible
- ✓ Inadecuado ajuste del tiro de gases
- ✓ Mal mantenimiento
- ✓ Deficiente recuperación y tratamiento de condensados.
- ✓ Inadecuado régimen de trabajo en paralelo.



# OPORTUNIDADES DE MEJORA EN SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR

## *Actividades principales de ahorro:*

- ✓ Selección adecuada de la presión de trabajo del generador de vapor
- ✓ Ajuste periódico de la combustión
- ✓ Ajuste frecuente del régimen de purgas.
- ✓ Evaluación termográfica periódica del refractario
- ✓ Limpieza periódica y por indicadores.
- ✓ Ajuste periódico del tiro de aire y gases.
- ✓ Trabajar con altos factores de carga.
- ✓ Auto-lectura y control del consumo de combustible.
- ✓ Registro proactivo de parámetros de trabajo.
- ✓ Adecuado aislamiento de tuberías.
- ✓ Evaluación periódica de la cantidad y temperatura del condensado recuperado.
- ✓ Uso de recuperadores e intensificadores de la transferencia de calor en la caldera.
- ✓ Revisión y ajuste del régimen de trabajo de calderas en paralelo
- ✓ Operación por demanda.



# OPORTUNIDADES DE MEJORA EN SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR

## *Tips principales de calderas*

1. Los cambios incrementales en las condiciones de gases de combustión mejoran la eficiencia nominal de una caldera de 150 PSI como sigue:

Cambio en la Condición	Cambio en la Gases de comb.	Eficiencia
Exceso O <sub>2</sub> (%)	-1.0%	+0.66%
Temp (°F)	-10°F	+0.25%
CO (ppm)	-100 ppm	+0.10%

2. Aumentar al máximo las horas de operación y carga de las calderas de eficiencia más alta reduce el consumo de combustible típicamente en un 1-2% sin requerir inversión.
3. Una disminución de 20°C en la temperatura de los gases de salida supone una disminución de 1% en consumo de combustible.

# OPORTUNIDADES DE MEJORA EN SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR

## *Tips principales de calderas*

4. Operar el número mínimo de calderas requeridas para satisfacer segura y fiablemente las necesidades de vapor de la empresa, resulta en ahorros típicos del 2% del costo de combustible anual sin requerir inversión.

5. Una reducción de 10 psig en la presión de operación de la caldera reducirá el consumo de combustible como se muestra a continuación (para el caso donde no se usa turbina de vapor):

- 150-200 psig ahorra 0.2% ;
- 100-149 psig ahorra 0.4% ;
- 50-99 psig ahorra 0.6%

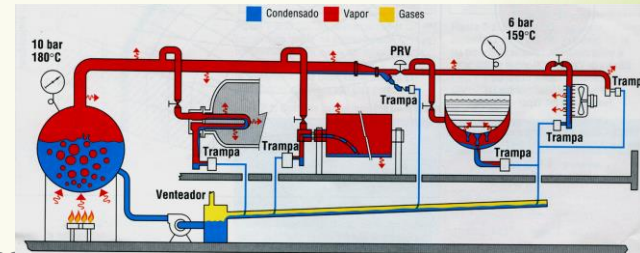
6. Cada 5 o 6°C de aumento de la temperatura de agua de alimentación, se produce un 1% de ahorro de combustible.

7. La utilización de calentadores de aire produce un 6% de ahorro de combustible.

# SISTEMAS DE CONDENSADO

*Los focos de pérdidas principales en sistemas de condensado son:*

- ✓ Uso de intercambiadores de calor sin trampas de vapor o con ellas defectuosas.
- ✓ La no utilización del vapor de expansión que surge durante la expansión de condensado de alta presión.
- ✓ La ausencia de tuberías de retorno de condensados.
- ✓ La inexistencia de aislamiento en tuberías de condensado y tanques de condensado.
- ✓ La inexistencia de subenfriadores de condensado.
- ✓ Uso directo de vapor para calentamiento.
- ✓ Deficiente selección de la presión de calentamiento.
- ✓ Deficiente funcionamiento o ajuste de trampas de vapor.
- ✓ Deficiente funcionamiento o ajuste de desaeradores térmicos.
- ✓ No uso de fuentes de calor directas



# OPORTUNIDADES DE MEJORA EN SISTEMAS DE CONDENSADO

## *Actividades principales de ahorro:*

- ✓ Realizar diagnósticos periódicos por ultrasonido, termografía o inspección visual de las trampas de vapor. Mantenerlas en buen estado.
- ✓ Evaluar la conveniencia técnica y económica de instalar subenfriadores de condensado/ tanques de expansión/ sustitución del calentamiento directo por indirecto.
- ✓ Evaluar sistemáticamente el funcionamiento del desaereador térmico.
- ✓ Evaluar estado de aislamiento de tuberías y tanques de condensado.
- ✓ Evaluar posibilidad de calentamiento directo en sitio.
- ✓ Instalar y ajustar convenientemente las válvulas reductoras de presión de vapor al proceso.
- ✓ Utilizar sistemas de control de flujo de vapor por temperatura donde se requiera.
- ✓ Reducir fugas de vapor y condensado.
- ✓ Evitar transporte de vapor con alta humedad o acumulación de condensados en tuberías de vapor.

# OPORTUNIDADES DE MEJORA EN SISTEMAS DE CONDENSADO

## *Actividades principales de ahorro:*

- ✓ Realizar diagnósticos periódicos por ultrasonido, termografía o inspección visual de las trampas de vapor. Mantenerlas en buen estado.
- ✓ Evaluar la conveniencia técnica y económica de instalar subenfriadores de condensado.
- ✓ Evaluar la conveniencia técnica y económica de la instalación de tanques de expansión.
- ✓ Evaluar técnica y económicamente la sustitución del calentamiento directo por el indirecto del vapor.
- ✓ Evaluar sistemáticamente el funcionamiento del desaereador térmico.
- ✓ Evaluar estado de aislamiento de tuberías y tanques de condensado.
- ✓ Evaluar posibilidad de calentamiento directo en sitio.
- ✓ Instalar y ajustar convenientemente las válvulas reductoras de presión de vapor al proceso.
- ✓ Utilizar sistemas de control de flujo de vapor por temperatura donde se requiera.
- ✓ Reducir fugas de vapor y condensado.
- ✓ Evitar transporte de vapor con alta humedad o acumulación de condensados en tuberías de vapor.



# OPORTUNIDADES DE MEJORA EN SISTEMAS DE CONDENSADO

## *Tips principales de sistemas de condensado*

- ✓ Los sistemas de distribución bien aislados tienen típicamente una pérdida de calor del 2-4%. Las pérdidas para este sistema con un aislamiento promedio perderán un 5-8% mientras los sistemas pobremente aislados pueden perder un 10-15% o más.
- ✓ Una trampa de vapor típica pierde 1-2 lb./hr de vapor vivo en operación normal. Una trampa fallando puede perder de 10 a 100 libras por hora de vapor vivo.
- ✓ Las fugas para una planta con buen mantenimiento son  $< 1\%$ , para plantas típicas del 2-4%, y para plantas con mantenimiento deficiente pueden ser del 10% o superiores.
- ✓ Las tuberías de retorno de condensado deben ser típicamente del 50% del diámetro de la tubería de vapor que alimenta.

# HORNOS

*Los focos de pérdidas principales en hornos son:*

- ✓ Temperatura de gases excesiva.
- ✓ Combustión ineficiente.
- ✓ Temperatura de pared sin control.
- ✓ Infiltraciones de aire sin control.
- ✓ Pérdidas de calor a través de aberturas.
- ✓ Funcionamiento intermitente.
- ✓ Bajo factor de carga.
- ✓ Espesor de pared y aislamiento inadecuado.
- ✓ Temperatura del producto y elementos de transporte a la salida excesivos.
- ✓ No recuperación del calor del horno en gases de salida
- ✓ Uso de aire frío en la combustión.
- ✓ Temperatura excesiva del producto y los elementos de transporte.



# OPORTUNIDADES DE MEJORA EN HORNOS

## *Actividades principales de ahorro:*

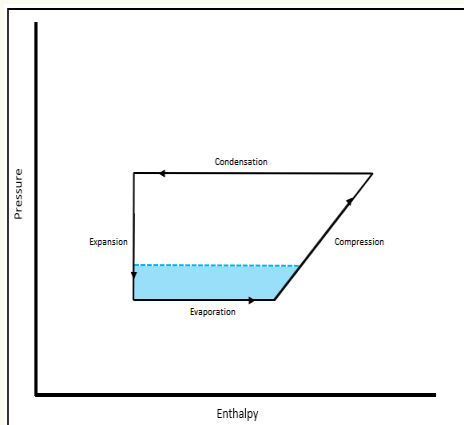
- ✓ Aumenta el factor de carga.
- ✓ El trabajo es continuo o intermitente con ciclos cortos de enfriamiento.
- ✓ Las paredes están bien aisladas.( fibras cerámicas).
- ✓ Se precalienta el aire de combustión ( si es posible con el material de salida).
- ✓ El exceso de aire es el adecuado para la combustión y el proceso.
- ✓ Se precalienta el material a calentar.
- ✓ Se recupera la energía que sale por la chimenea.
- ✓ Se utiliza al máximo el área del horno.
- ✓ Los quemadores son eficientes.
- ✓ Se evitan pérdidas por aberturas.
- ✓ Recircular parte de humos para bajar temperatura en zona de combustión.

# HVAC

## Actividades principales de ahorro:

### Ajuste dinámico del punto de operación del ciclo

Ajustar el punto de operación del ciclo en función de los requerimientos de la carga.



Oportunidad	Comentarios	Potencial de ahorro de energía
Aumento de la temperatura de agua fría	<ul style="list-style-type: none"><li>Aumentar la temperatura de salida del ciclo, resultando en el incremento de la presión del evaporador.</li></ul>	1-2% por °C
Disminución de la temperatura de condensación	<ul style="list-style-type: none"><li>Reducir de la temperatura de condensación, resulta en la reducción de la presión del condensador</li></ul>	1-2% por °C

# HVAC

## Actividades principales de ahorro:

### Compresor

El compresor es el equipo del ciclo de refrigeración donde se hace el uso más intensivo de la energía eléctrica. El retrofit del compresor utilizando nuevas tecnologías más eficientes y sistemas de regulación de carga.



Oportunidad	Comentarios	Potencial de ahorro de energía
Retrofit tecnológico del compresor	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar que el ciclo de refrigeración es compatible con la tecnología del compresor</li><li>• Los ahorro se obtendrán si el ciclo trabaja a cargas parciales durante las diferentes períodos del año.</li></ul>	6-9%
Retrofit tecnológico del compresor con VFD	<ul style="list-style-type: none"><li>• El VFD permite mejorar la operación del sistema a cargas parciales.</li><li>• Reduce la eficiencia a carga completa debido a las pérdidas del VFD.</li></ul>	~20%

# HVAC

## *Actividades principales de ahorro:*

### **Limpieza del evaporador y condensador**

Esta rutina se debe hacer de forma periódica o según la condición del equipo.



Oportunidad	Comentarios	Potencial de ahorro de energía
Limpieza del evaporador y condensador	<ul style="list-style-type: none"><li>La limpieza del condensador y del evaporador, mejora la transferencia de calor en el ciclo de refrigeración</li></ul>	3% Típico Hasta 10% Equipos muy contaminados

# HVAC

## *Actividades principales de ahorro:*

### **Válvulas de regulación de flujo en UMAs**

Regulación del flujo de agua fría que pasa a través del intercambiador de la UMA. Así, sólo se reduce el uso del agua fría permitiendo menores temperaturas de agua de retorno al evaporador y evitando el síndrome del bajo DT en los chillers.



Oportunidad	Comentarios	Potencial de ahorro de energía
Válvulas de regulación de flujo en UMAs	<ul style="list-style-type: none"><li>Se regula el flujo de agua fría en la UMA en función del delta de temperatura.</li><li>Se puede reducir el caudal de agua fría a través de la bomba</li></ul>	10% típico

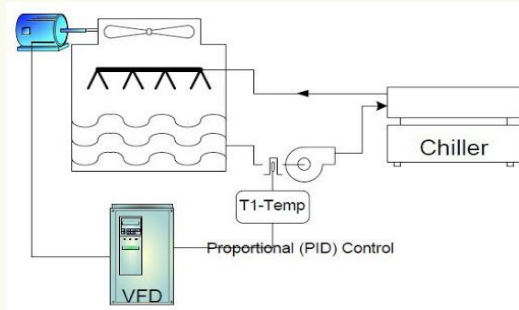


# HVAC

## *Actividades principales de ahorro:*

### **Regulación de las torres de enfriamiento**

Establecer un lazo de control automático de las RPMs de los ventiladores de la torre enfriamiento en función de la temperatura de agua de retorno y la temperatura de bulbo húmedo.<sup>2</sup>



Oportunidad	Comentarios	Potencial de ahorro de energía
Limpieza del evaporador y condensador	<ul style="list-style-type: none"><li>La limpieza del condensador y del evaporador, mejora la transferencia de calor en el ciclo de refrigeración</li></ul>	3% Típico Hasta 10% Equipos muy contaminados

# CASOS DE EXITO

## 1. MEDIDAS EN SISTEMA DE AGUA FRÍA Y CLIMATIZACIÓN - CHILLERS

### Descripción

1. Carga del chiller variable a lo largo del día, encontrando oportunidad en aumentar la temperatura de salida de agua fría en horas de la noche, sin afectar los procesos o condiciones de climatización.
2. Alto flujo de agua en bomba de evaporador, pudiendo disminuir la velocidad de la bomba mediante el variador de frecuencia ya instalado.
3. Control de velocidad en las torres de enfriamiento mediante los variadores de frecuencia ya instalados en los ventiladores, estableciendo una temperatura de control logrando reducir la velocidad en horas de la noche y garantizando una óptima operación en el chiller.

1. Ajuste automático de la temperatura de salida de agua fría en el chiller durante el día a 10 °C (4:30 a.m. a 5:00 p.m.) y en la noche a 12°C (5:00 p.m a 4:30 a.m.)
2. Disminución frecuencia bomba del evaporador de 45 a 42 Hz.
3. Control automático de velocidad en ventiladores de torres de enfriamiento por temperatura (set: menor a 28,5°C salida conjunta torres)

### Resultados de la aplicación

Equipo	OPM	Ahorros mensuales (kWh)	Ahorros mensuales (COP)	TonCO2e reducidas	Fecha implementación	%Ahorro consumo del equipo
Chiller	Ajuste automático salida de agua fría en día 10°C/noche 12°C	9.136	\$5.100.629	3,7	3/06/2021	8,6%
Bomba evaporador	Disminución frecuencia a 42 Hz	2.600	\$1.451.580	1,0	21/06/2021	21,0%
Torres de enfriamiento	Control automático de velocidad por temperatura (28,5°C)	3.843	\$2.218.057	1,6	23/03/2023	13,7%

# CASOS DE EXITO

## 2. IMPLEMENTACIÓN VFD EN BOMBAS P-1/2 EN PRENSAS

### Descripción

Las bombas P-1 y P-2 de circulación de agua cuentan con motores de inducción de baja tensión, que opera a carga completa (1780 RPM) enviando un mayor flujo de agua del necesario. El variador de velocidad permite encontrar un punto de flujo óptimo.



Reducir el consumo de energía en el motor de la bomba en fase de calentamiento mediante la utilización de un variador de velocidad, cumpliendo los estándares de calidad del producto. Se estableció una frecuencia menor para una familia de productos, que opera a menor temperatura y tiene mayor frecuencia de ciclos en el día.

### Resultados de la aplicación

Prensa no.	Potencia motor (HP)	Ahorros mensuales (kWh)	Ahorros mensuales (COP)	TonCO2e reducidos	Fecha implementación	%Ahorro del área
1	100	4.876	\$ 2.722.322	2,0	16/05/2023	13,2%
3	125	5.267	\$ 2.896.487	2,1	2/12/2021	13,6%
4	125	6.194	\$ 3.500.950	2,5	26/07/2021	14,1%

# CASOS DE EXITO

## 3. MEDIDAS IMPLEMENTADAS EN LA PRENSA #

### Descripción

Se encontró una temperatura de suministro de aceite mayor a la requerida por el proceso.  
Se encontraron tiempos de uso de la caldera en tiempos no asociados a la producción.

1. Disminución de la temperatura de suministro de aceite térmico de 250 a 220°C (oportunidad de continuar con valores más bajos).
2. Apagado bombas del circuito secundario en tiempos donde no se esté realizando producción. De esta forma se consigue un beneficio por apagado de bombas y disminución en el consumo de gas en la caldera.

### Resultados de la aplicación

OPM	Ahorros mensuales (m³)	Ahorros mensuales (COP)	TonCO2e reducidas	Fecha implementación	%Ahorro consumo del equipo
Disminución a 220°C y apagado de bombas suministro de aceite	6.296	\$5.901.069	6,8	1/06/2022	8,8%

OPM	Ahorros mensuales (kWh)	Ahorros mensuales (COP)	TonCO2e reducidas	Fecha implementación	%Ahorro consumo del equipo
Apagado de bombas en tiempos no asociados a la producción	1.086	\$ 606.553	0,4	29/05/2023	5,0%



SECRETARÍA DE  
AMBIENTE



# Conectamos la energía que impulsa el futuro



- Más de 18 años de Experiencia Nacional e Internacional
- 3 premios ANDESCO a la eficiencia energética (2016, 2018 y 2021)
- 2 patentes:
  - Método para la gestión integral de energía
  - Dispositivo para el control operacional del desempeño energético de calderas pirotubulares.
- Más de 100 colaboradores altamente capacitados
- Beneficiario proyecto MinCiencias para "Centro de monitoreo inteligente para el control y mejora del desempeño energético en calderas, sistemas de climatización y refrigeración".

<https://www.e2energiaeficiente.com/>



**M.Sc. Jose Mario Henriquez**  
Profesional de Negocios  
[jhenriquez@e2energiaeficiente.com](mailto:jhenriquez@e2energiaeficiente.com)  
Cel.: +57 316 7988735

**M.Sc. Ana Catherine Ortiz**  
Profesional de Negocios  
[aortiz@e2energiaeficiente.com](mailto:aortiz@e2energiaeficiente.com)  
Cel.: +57 310 3069403



**Soluciones energéticas eficientes y  
confiables para su competitividad**

# GRACIAS



SECRETARÍA DE  
AMBIENTE



## Nuestro Propósito

**Construir un mundo**   
»» mejor donde el ««  
**desarrollo sea para todos**



# Sistemas térmicos

## Fábrica Bogotá

### Julio 6 de 2023







**Actividad Económica**  
**Elaboración chocolate**  
**Código CIIU 1082**



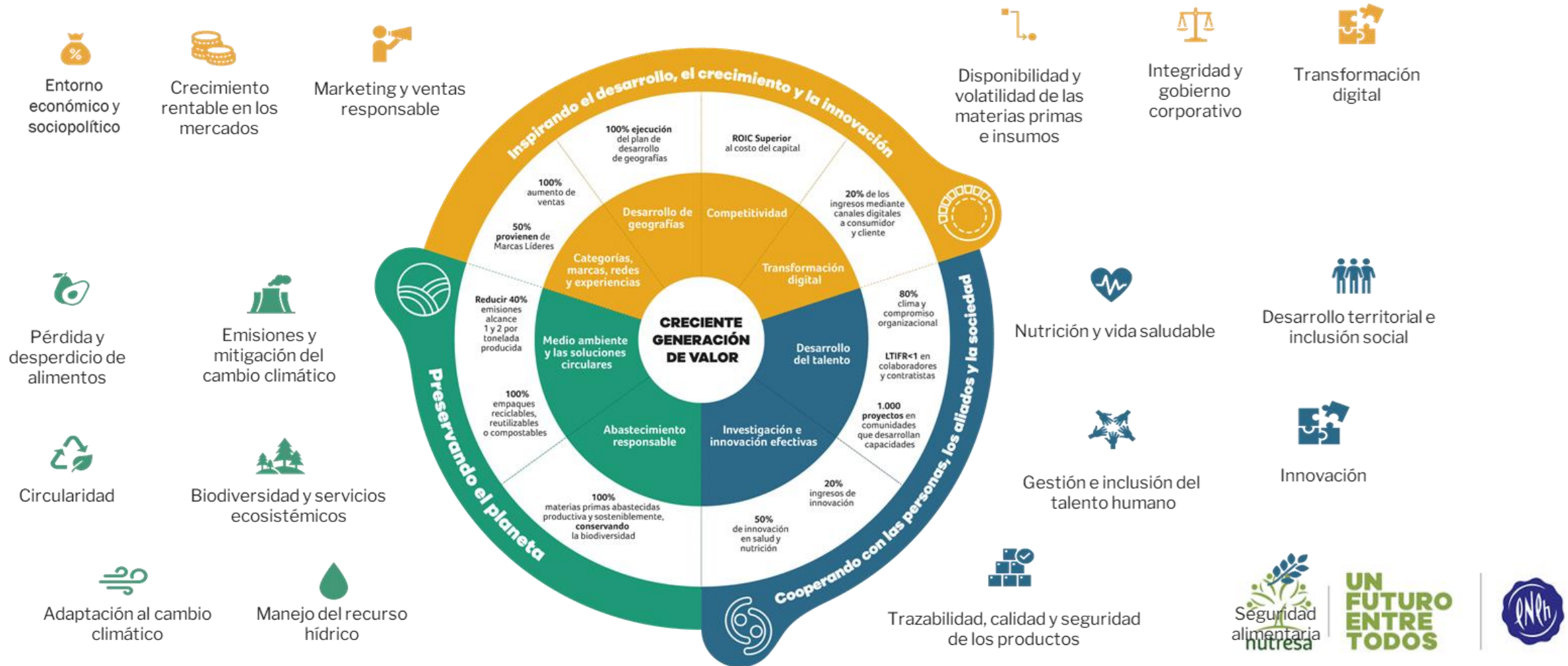
**Especializada en elaboración  
de chocolates de mesa**  
Capacidad de producción :  
2.791 Ton/mes



# ESTRATEGIA CNCh 2030

## ESTRATEGIA 2030

### CONEXIÓN CON LOS ASUNTOS MATERIALES





# Problemática:

Oportunidad para mejorar los consumos y costos relacionados con gas natural, así como optimizar la operación de las calderas, con el fin de aportar a la Mega Meta al 2030 establecida por la organización.

Resultados caracterización energética: mayor consumo  
Servicios Industriales (Calderas).

Consumo promedio

2021: 26,0 m<sup>3</sup>/ton

2022: 24,5 m<sup>3</sup>/ton

# Objetivo del Proyecto:

Modernizar y actualizar los sistemas térmicos de la Planta Bogotá, como estrategia de eficiencia energética y aportar al indicador de energía.





# Desarrollo de la Automatización

1. Modernización y actualización tecnológica de las calderas de vapor y aceite térmico.

- Implementación 4 quemadores nuevos.
- Cambio de aislamientos y tableros.
- Instalación instrumentos de seguridad.

ANTES



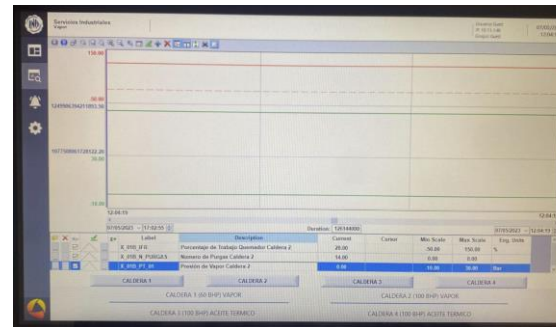
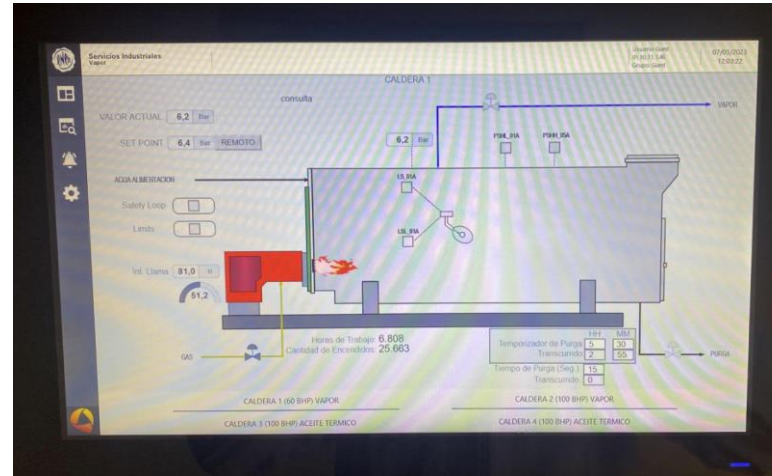
DESPUÉS



# Desarrollo de la Automatización

2. Monitoreo centralizado y remoto del sistema de generación de vapor y de aceite térmico.

- Instalación medidor vapor, medidor de gas, registrador avanzado.
- Registro de la medición de la rata de caudal de gas y vapor.
- Análisis de datos para obtener indicador de eficiencia.
- Comparación de resultados.





# Análisis financiero:

Inversión total	\$ 444 MM
Costos operacionales	\$ 58 MM
Ahorro 1,5 m <sup>3</sup> /ton – Año	\$ 65 MM
Ahorro Contratista	\$ 60 MM
Averías	\$ 150 MM
Tiempo de retorno de la inversión: 3 años	

## Resultados:

- Disminución en el consumo de gas natural y ahorro energético
- Disminución en los costos asociados a consumo de gas natural
- Mejora en el indicador de eficiencia de las calderas
- Mejor control sobre los datos y confiabilidad de la operación en calderas
- Mejora tecnológica que disminuye errores en la toma de datos

