

construyendo horizontes de igualdad



EFICIENCIA ENERGETICA EN EDIFICIOS

MODULO V: CASO DE ESTUDIO DE SISTEMA
DE CLIMATIZACION CON CALDERA

EXPOSITOR: Dr. Ing. Carlos González Ferrari
Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable - CNEA

Lunes 9 de Noviembre 2020

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

Contexto edilicio y ambiental:

- ✓ Edificio institucional construido en los años 90
- ✓ Ubicación en el sur del país
- ✓ Utilización intensiva del sistema de calefacción durante gran parte del año como consecuencia del clima imperante en la región

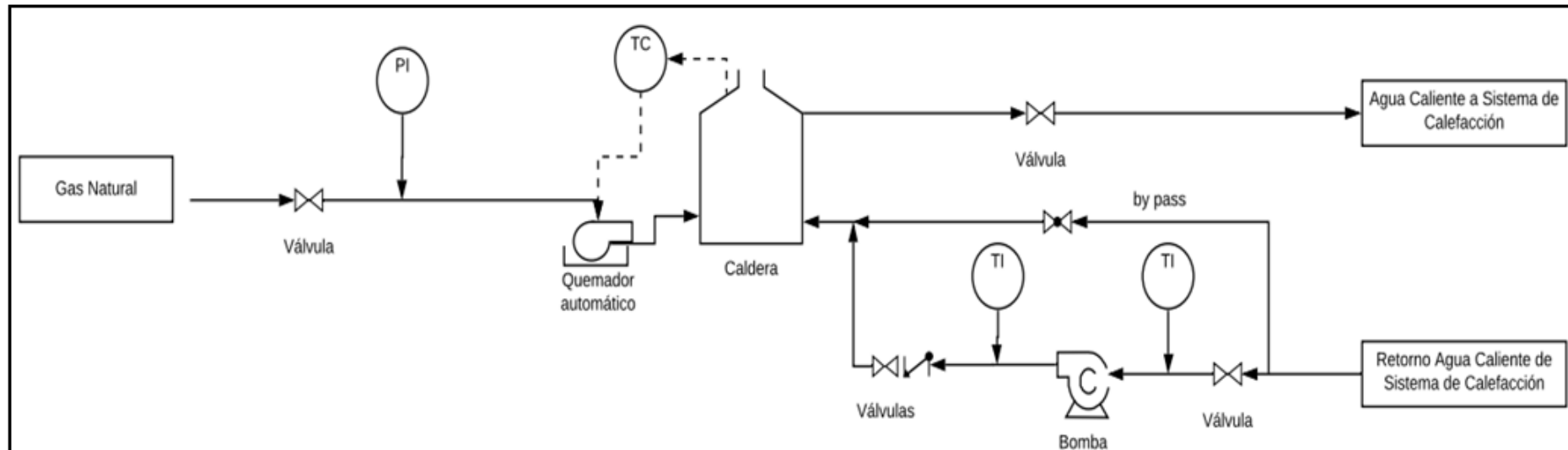
Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

Objetivos:

- ✓ Caracterizar el funcionamiento térmico del sistema de calefacción central con caldera del edificio
- ✓ Detectar puntos de mejora en el sistema térmico
- ✓ Desarrollar una metodología de análisis de sistemas de calefacción centralizada

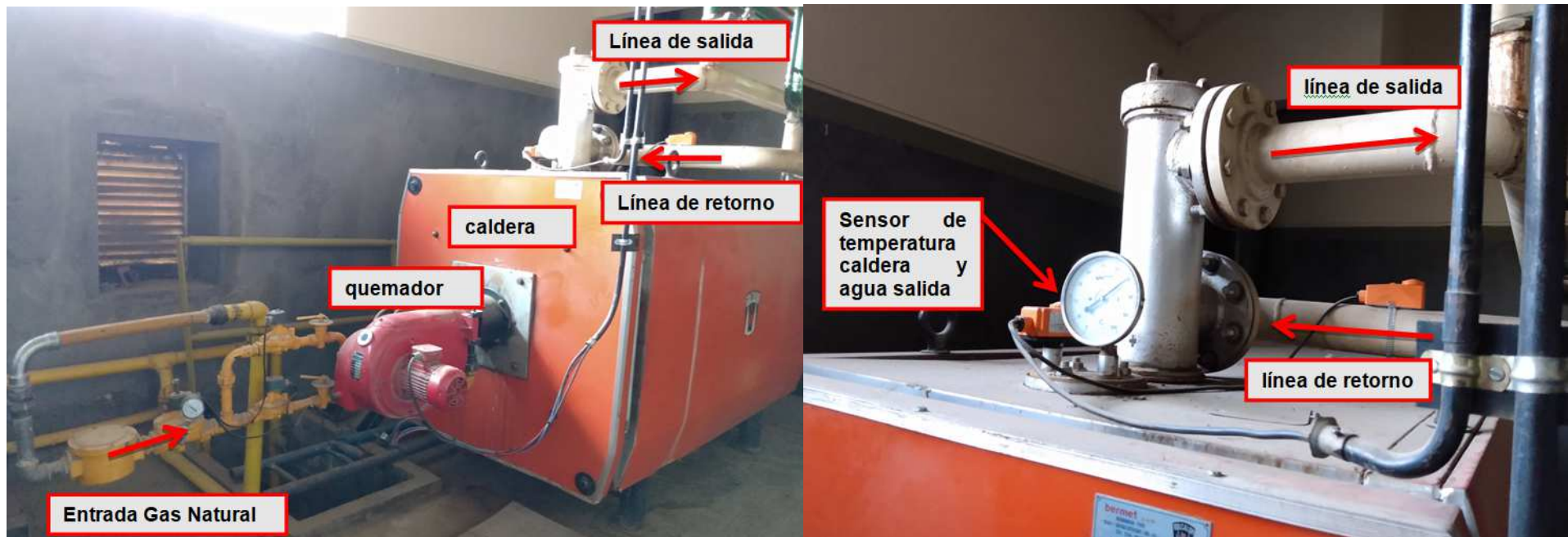
Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

❑ Esquema del sistema de calefacción central del edificio:



Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

❑ Sala de calderas del sistema de calefacción central del edificio:



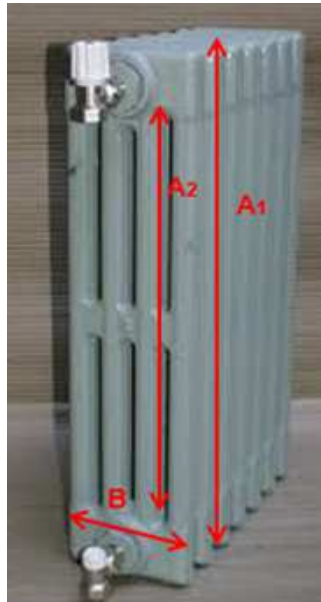
Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Sala de calderas del sistema de calefacción central del edificio:



Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

❑ Radiadores del sistema de calefacción central del edificio:



Cantidad de Radiadores	N° Elementos por Radiador	Cantidad de Elementos Totales
1	9	9
5	10	50
44	11	484
25	12	300
3	13	39
7	14	98
21	15	315
1	17	17
2	19	38
109	120	1350

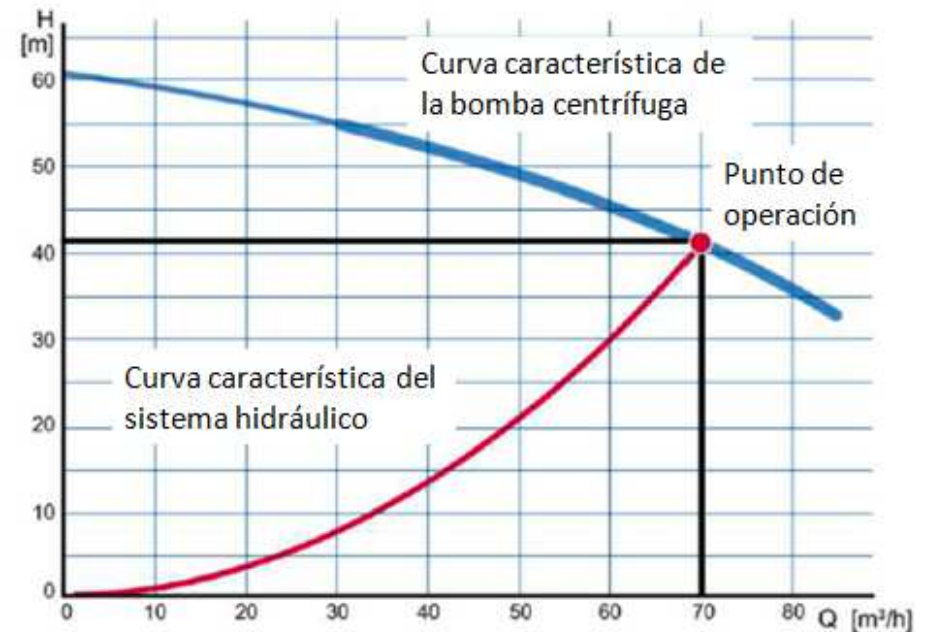
Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Determinación de la potencia térmica entregada al sistema de calefacción por medio del método directo: $P = \rho \dot{Q} C_p \Delta T$ [W]
- ✓ Obtención del caudal de agua impulsado por la bomba de recirculación $\dot{Q} \left[\frac{m^3}{s} \right]$.
- ✓ Medición de las temperaturas de ingreso y de retorno del circuito de calefacción ΔT [°C].
- ✓ Cálculo de las potencias térmicas total, útil y disipada P [W].

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

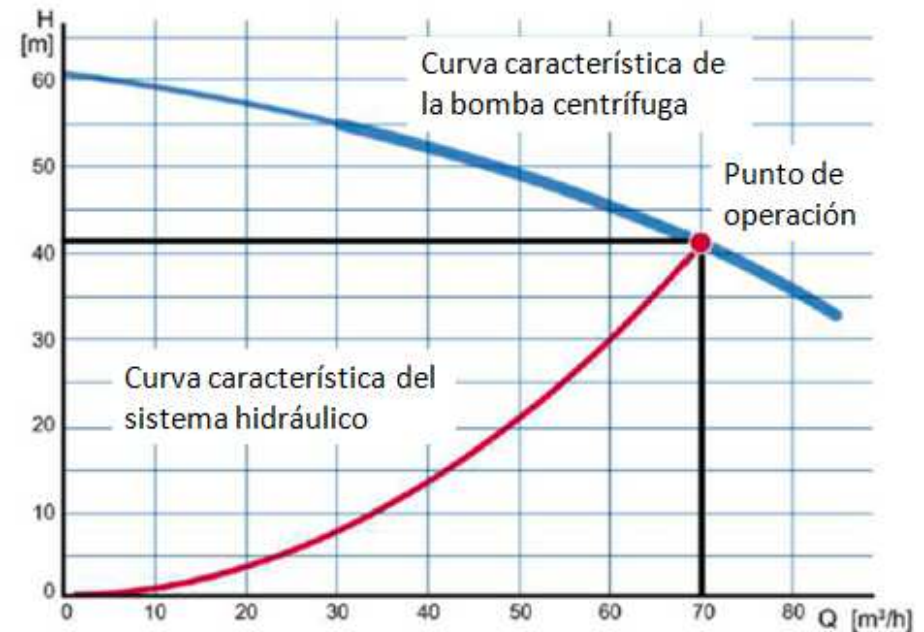
❑ Obtención del caudal de agua impulsado por la bomba de recirculación:

- ✓ No se disponía de un caudalímetro.
- ✓ Era inviable conocer de manera certera la totalidad del trazado del sistema de calefacción (pérdidas de carga en cañerías, radiadores y otros accesorios).



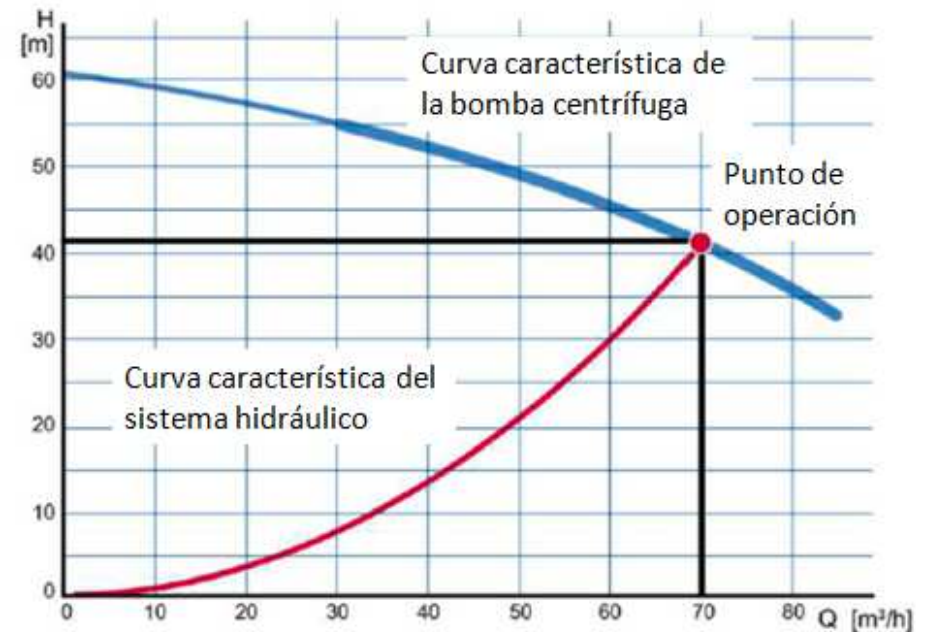
Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Obtención del caudal de agua impulsado por la bomba de recirculación:
 - ✓ Por lo tanto se planteó una solución alternativa basada en el concepto de punto de operación del conjunto bomba-sistema hidráulico.
 - ✓ Se decidió medir el Δp [Pa] efectivo de la bomba (presiones de entrada y salida)



Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Obtención del caudal de agua impulsado por la bomba de recirculación:
 - ✓ A partir de la hoja de datos del fabricante de la bomba (curva de carga) y el Δp [Pa] medido, se determinó el caudal impulsado por la bomba correspondiente a ese Δp .



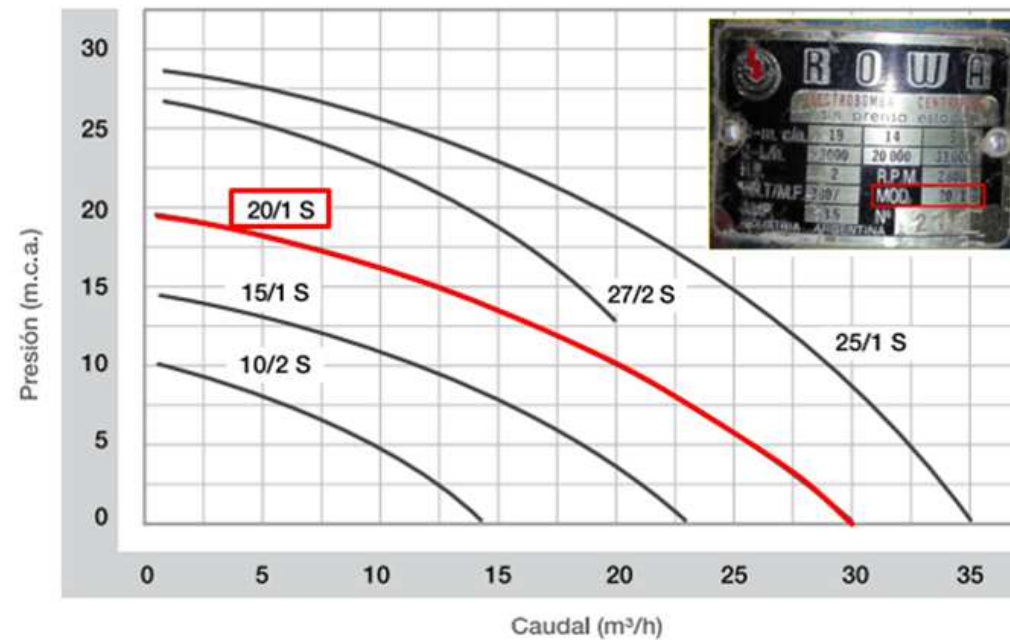
Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Obtención del caudal de agua impulsado por la bomba de recirculación:
 - ✓ A partir de la hoja de datos del fabricante de la bomba (curva de carga) y el Δp [Pa] medido, se determinó el caudal impulsado por la bomba correspondiente a ese Δp .



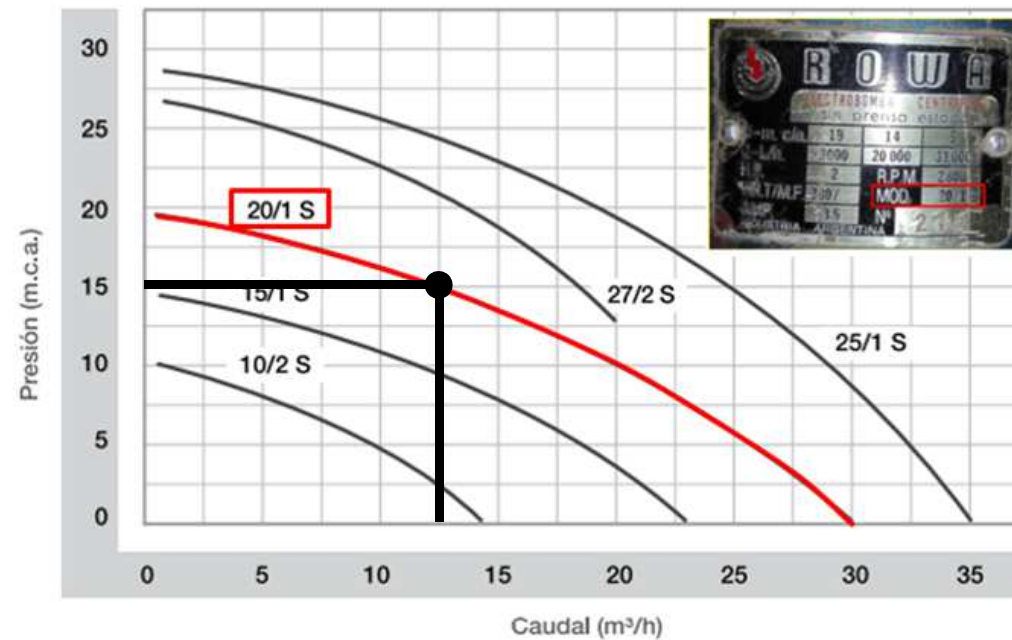
Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Obtención del caudal de agua impulsado por la bomba de recirculación:



Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Obtención del caudal de agua impulsado por la bomba de recirculación:



Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Medición de las temperaturas de ingreso y de retorno del circuito de calefacción (entrada y salida de la caldera):



Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

❑ Cálculo de las potencias térmicas total, útil y disipada:

- ✓ Potencia térmica total: potencia del combustible quemado en la caldera (gas natural).
- ✓ Se estimó a partir de los valores nominales que figuran en las placas de la caldera y del quemador, como así también del calor específico promedio del gas natural:



Podés consultar el detalle en
oficinavirtual.camuzzigas.com.ar o
llamando al call center 0810-555-3698

PERÍODO DE CONSUMO
30/06/2019
31/07/2019

Información sobre el consumo de gas

MEDIDOR	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	VOLUMEN REGISTRADO	FACTOR DE CORRECCIÓN	PODER CALÓRICO GAS ENTREGADO	TIPO DE LECTURA
					9403 kcal	Real

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

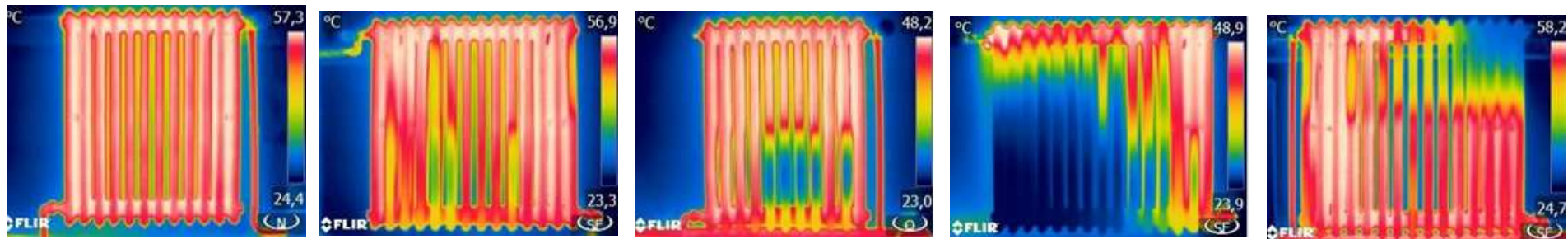
- ❑ Cálculo de las potencias térmicas total, útil y disipada:
 - ✓ Potencia térmica útil: potencia disipada en los radiadores del sistema de calefacción.
 - ✓ Se estimó utilizando modelos empíricos de transferencia de calor, de la medición de la distribución de temperaturas en una muestra de radiadores del edificio y de la aplicación de un factor de eficiencia de los radiadores desarrollado ad-hoc a partir de las distribuciones de temperaturas.

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Potencia térmica útil → Cálculo del flujo de calor disipado
- ✓ Se utilizaron correlaciones empíricas para estimar el flujo de calor disipado por los radiadores hacia el ambiente.
- ✓ Se consideró que el mecanismo de transferencia de calor dominante es la convección natural (asumiendo que el aire del ambiente se encuentra en reposo).
- ✓ Se redujo el problema a considerar un solo radiador equivalente que sea representativo del área total efectiva de los radiadores del edificio, con temperaturas promedio, tanto de los radiadores como del ambiente.

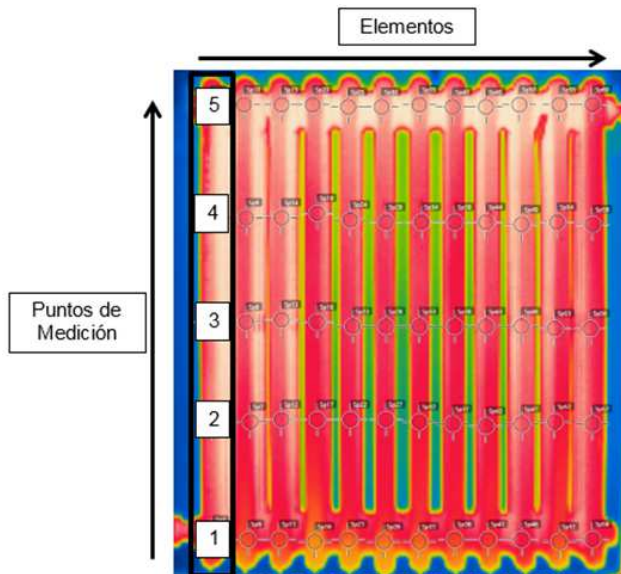
Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Potencia térmica útil → Área total efectiva y eficiencia de intercambio térmico
- ✓ Durante el relevamiento del sistema de climatización existente en el edificio se tomaron termografías de una muestra representativa de los radiadores de calefacción.



Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Potencia térmica útil → Área total efectiva y eficiencia de intercambio térmico



$$\eta_{elem_calef} = \frac{1}{n_{elem_rad}} \frac{\sum_{j=1}^n (T_j - T_{amb})}{(T_{max} - T_{amb})}$$

n_{elem_rad} : Número de elementos que conforman al radiador.

n : Número de puntos considerados para analizar la distribución de temperaturas en el elemento calefactor y determinar su eficiencia térmica.

T_j : Temperatura correspondiente a cada uno de los puntos de análisis [°C].

T_{max} : Temperatura máxima de los puntos analizados en el elemento calefactor [°C].

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- Potencia térmica útil → Área total efectiva y eficiencia de intercambio térmico

Resumen Relevamiento - Termografías de Radiadores		
Termografía	N° Elementos	η
Flir819	13	0.65
Flir821	13	0.69
Flir823	17	0.79
Flir825	14	0.91
Flir827	12	0.57
Flir829	11	0.86
Flir831	11	0.87
Flir833	15	0.49
Flir835	15	0.66
Flir837	15	0.34
Flir839	12	0.97
Flir841	12	0.94
Flir843	15	0.85
Total	175	0.74

$$\eta_{elem_calef} = \frac{1}{n_{elem_rad}} \frac{\sum_{j=1}^n (T_j - T_{amb})}{(T_{max} - T_{amb})}$$

n_{elem_rad} : Número de elementos que conforman al radiador.

n : Número de puntos considerados para analizar la distribución de temperaturas en el elemento calefactor y determinar su eficiencia térmica.

T_j : Temperatura correspondiente a cada uno de los puntos de análisis [°C].

T_{max} : Temperatura máxima de los puntos analizados en el elemento calefactor [°C].

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

□ Potencias y eficiencias térmicas:

$\eta_{t\acute{e}rm} = \frac{P_{total_calef}}{P_{nom\ cal}}$	Eficiencia térmica del sistema de calefacción: indica la fracción de potencia térmica del combustible quemado en la caldera que se transfiere al sistema de calefacción
$\eta_{\acute{u}til_calef} = \frac{P_{\acute{u}til_calef}}{P_{total_calef}}$	Eficiencia térmica útil del sistema de calefacción: indica la fracción de la potencia térmica total aportada al sistema de calefacción que se utiliza de manera útil en los radiadores del sistema de calefacción para la climatización del edificio
$\eta_{total} = \frac{P_{\acute{u}til_calef}}{P_{nom\ cal}}$	Eficiencia térmica total del sistema de calefacción: indica la fracción de la potencia térmica total aportada por el combustible quemado en la caldera, que se utiliza de manera útil, en los radiadores del sistema de calefacción para la calefacción del edificio

Nombre	Valor
$\eta_{t\acute{e}rm}$	0.74
$\eta_{\acute{u}til_calef}$	0.09
η_{total}	0.07

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

□ Conclusiones:

- ✓ De la potencia térmica total aportada a través del quemado del combustible, el sistema de calefacción logra tomar para su operación aproximadamente un 74%.
- ✓ El sistema de calefacción presenta una eficiencia térmica global (η_{total}) menor al 10%, lo cual representa un valor excesivamente reducido para un sistema con sus funciones y características.
- ✓ Dado que la eficiencia térmica útil del sistema de calefacción ($\eta_{útil_calef}$) es muy similar a la eficiencia térmica global del sistema, se concluye que prácticamente la totalidad de las pérdidas térmicas del sistema de calefacción se concentran en los tramos de distribución.

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

❑ Sugerencias de 1er orden para mejorar la eficiencia del sistema:

- ✓ Realizar una inspección para verificar el estado de los equipos involucrados en el sistema de calefacción, en especial, verificación y limpieza interna de intercambiador de la caldera y radiadores de manera de eliminar incrustaciones y hollines que puedan disminuir la capacidad de transmisión de calor.
- ✓ Verificar la calidad de la combustión y grado de puesta a punto de la caldera (relación temperatura, comburente y combustible).
- ✓ Se recomienda incorporar aislación a las cañerías de salida de agua caliente y retorno dentro de la sala de caldera. Adicionalmente, aislar la cañería troncal de retorno de agua caliente que la distribuye por el edificio.

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

❑ Sugerencias de 2do orden para mejorar la eficiencia del sistema:

- ✓ Ampliar el estudio con la determinación de la eficiencia de la combustión en la caldera mediante la medición y el análisis de la composición de los gases de combustión.
- ✓ Evaluar la posibilidad de reemplazar la bomba de recirculación del sistema de calefacción por otra de mayor caudal con el objeto de incrementar la cantidad de calor involucrado en el sistema de calefacción.
- ✓ Refinar el relevamiento de las condiciones de funcionamiento de los radiadores y de los tramos de distribución que están en contacto con los ambientes de las dependencias del edificio.

Estudio de un Sistema de Climatización con Caldera

- ❑ Sugerencias de 2do orden para mejorar la eficiencia del sistema:
 - ✓ Analizar el efecto que tiene la temperatura del aire que ingresa al quemador de la caldera sobre la eficiencia de la caldera, a lo largo del año.
 - ✓ Estudiar la frecuencia y tiempo de encendido del quemador y bomba de circulación en función de las condiciones ambientales y de operación del sistema a lo largo del año. Se propone usar para ello sistemas de adquisición de datos basados en datalogger y placas de desarrollo Arduino/Raspberry.
 - ✓ Realizar una evaluación económica y de factibilidad acerca las mejoras que se proponen. Análisis de TIR y amortización de la inversión asociada a las mejoras.



Dr. Ing. Carlos González Ferrari

Mail:

carlos.ferrari@cnea.gov.ar



INSTITUTO DE ENERGIA Y DESARROLLO
SUSTENTABLE. CNEA

Página web

<https://www.argentina.gob.ar/cnea/investigacion-y-desarrollo/ieds>

