



MADRID



II CONGRESO INTERNACIONAL MADRID SUBTERRA

SOBRE EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL SUBSUELO

Empleo de aguas residuales para obtención de energía térmica en el Polideportivo de Moratalaz

Ponente: Beatriz Martín de Alcázar, Ayuntamiento de Madrid



OBJETO DE LA ACTUACIÓN

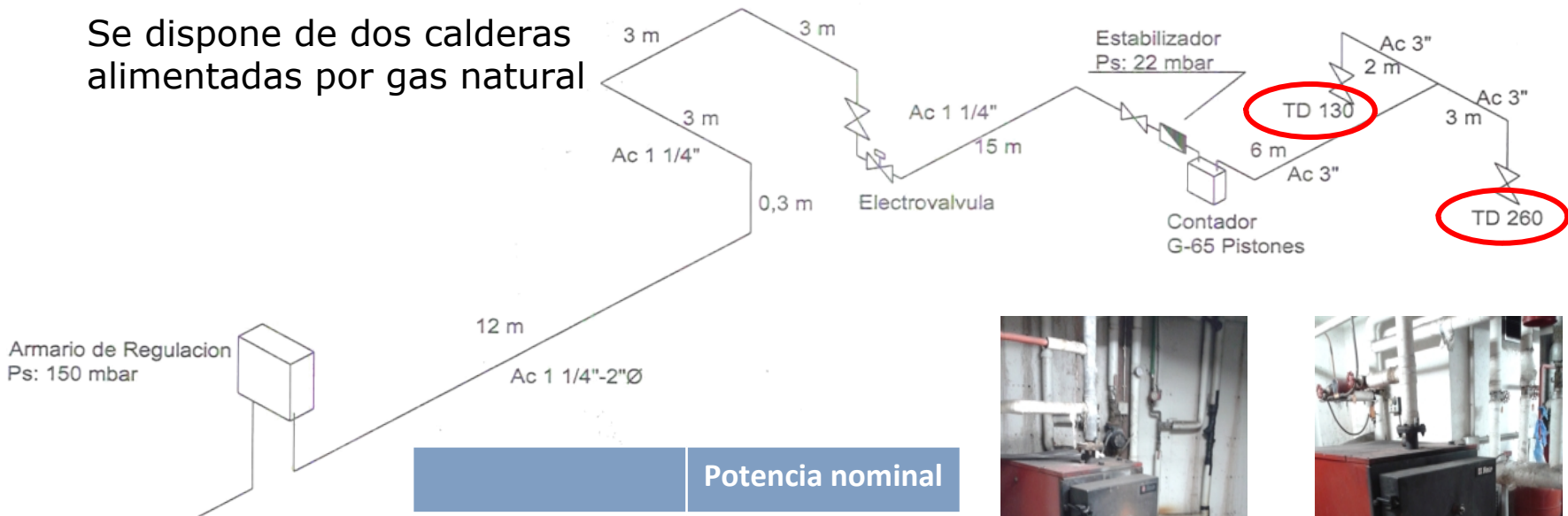


Aprovechar y recuperar la energía térmica del agua residual para reducir el consumo energético empleado en la producción de agua caliente sanitaria y en el calentamiento del agua del vaso de la piscina climatizada del Polideportivo Municipal de Moratalaz

INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN ACTUAL

Producción de calor

Se dispone de dos calderas alimentadas por gas natural



Las pérdidas térmicas por humos, por inquemados y por radiación y convección en la propia caldera reducen el rendimiento al 88%

Potencia térmica final 396 kW

	Potencia nominal
TD-130	150 kW
TD-260	300 kW
Total	450 kW



INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN ACTUAL

Deshumectación



Se dispone de una unidad deshumectadora de aire con una potencia eléctrica instalada de 18,1 kW

Pérdida de humedad producida por condensación

La reducción de temperatura impide su incorporación al recinto de la piscina

La deshumectadora dispone de una batería de calor de alta temperatura alimentada por agua caliente desde las calderas

PROPUESTA DE ACTUACIÓN

Para reducir el uso de las calderas se instalará una nueva enfriadora.

Producirá frío en su foco frío y como producto residual de esa producción de frío, calor en su foco caliente.

El aporte de agua atemperada al foco frío se realiza mediante un intercambiador instalado en el interior del colector existente



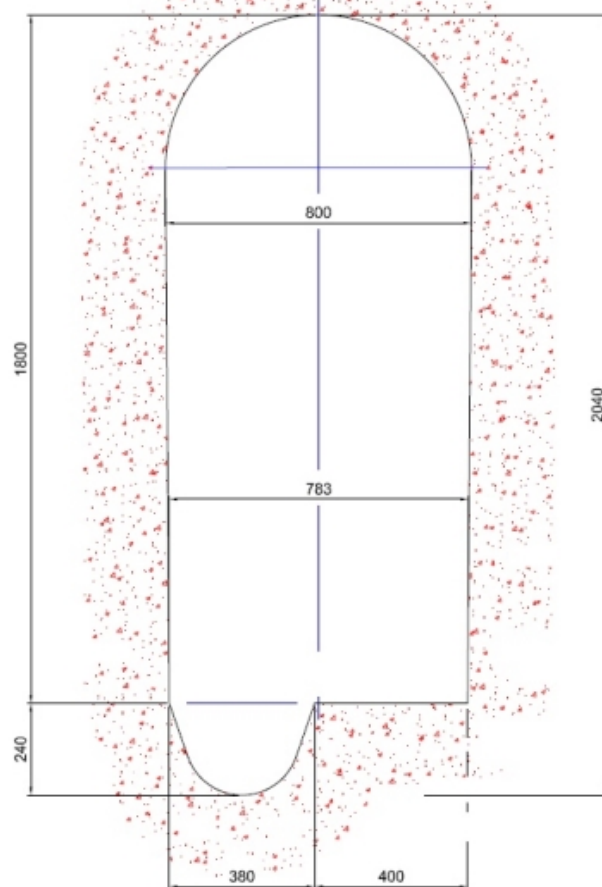
Independientemente de la estacionalidad, el intercambiador devolverá el agua a las condiciones de temperatura adecuadas para que la enfriadora genere el frío y el calor residual necesarios en el proceso.

PROPUESTA DE ACTUACIÓN

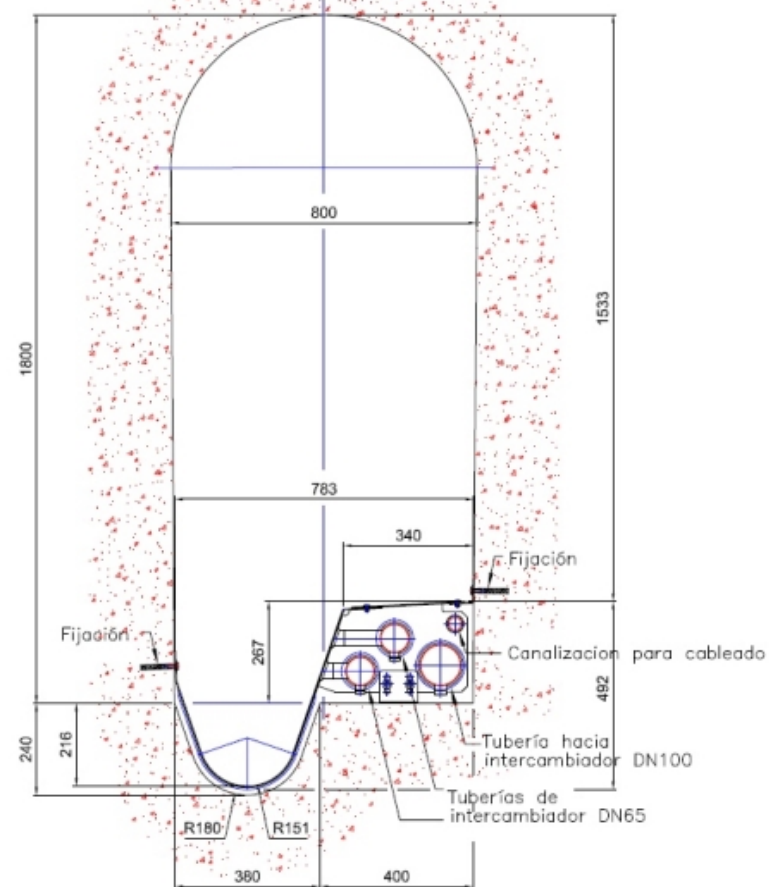


PROPUESTA DE ACTUACIÓN

ESTADO ACTUAL



ESTADO MODIFICADO



PROPUESTA DE ACTUACIÓN

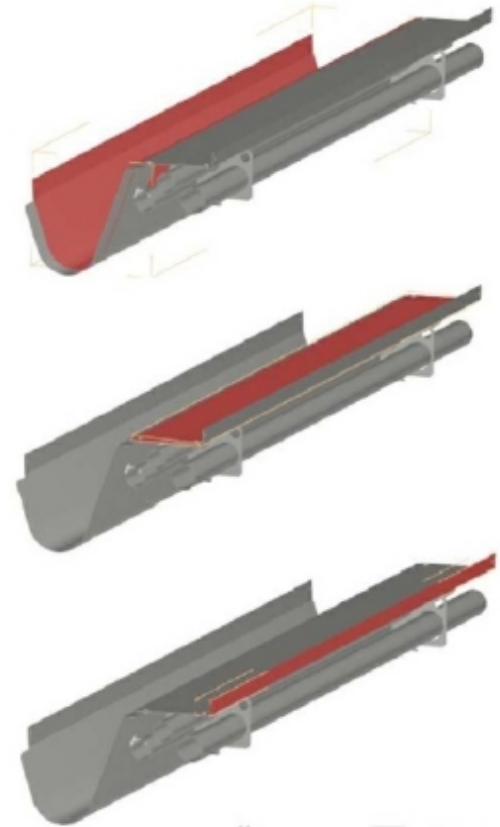
Módulo de Intercambiador de aguas residuales

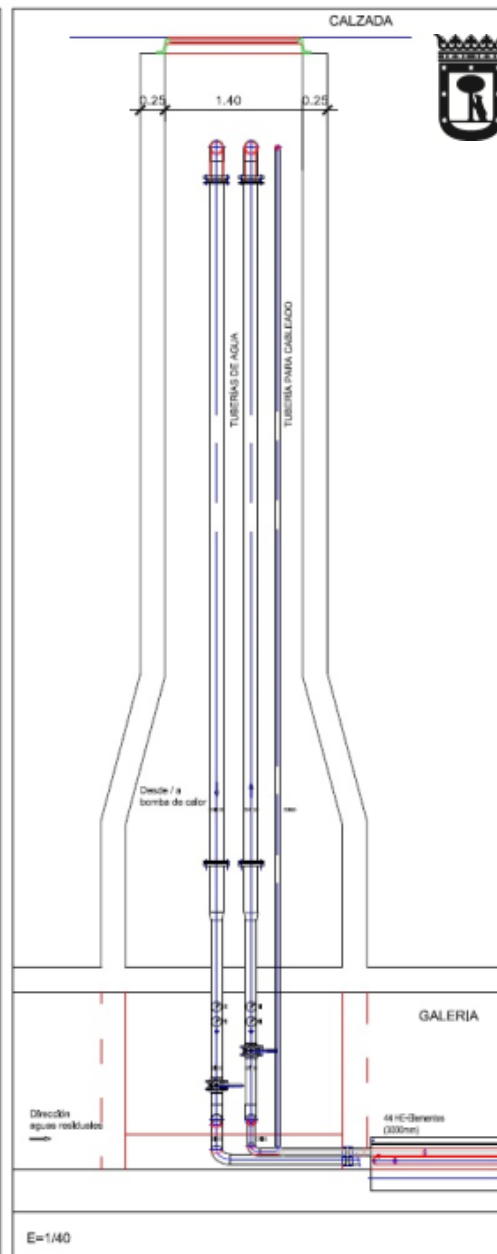
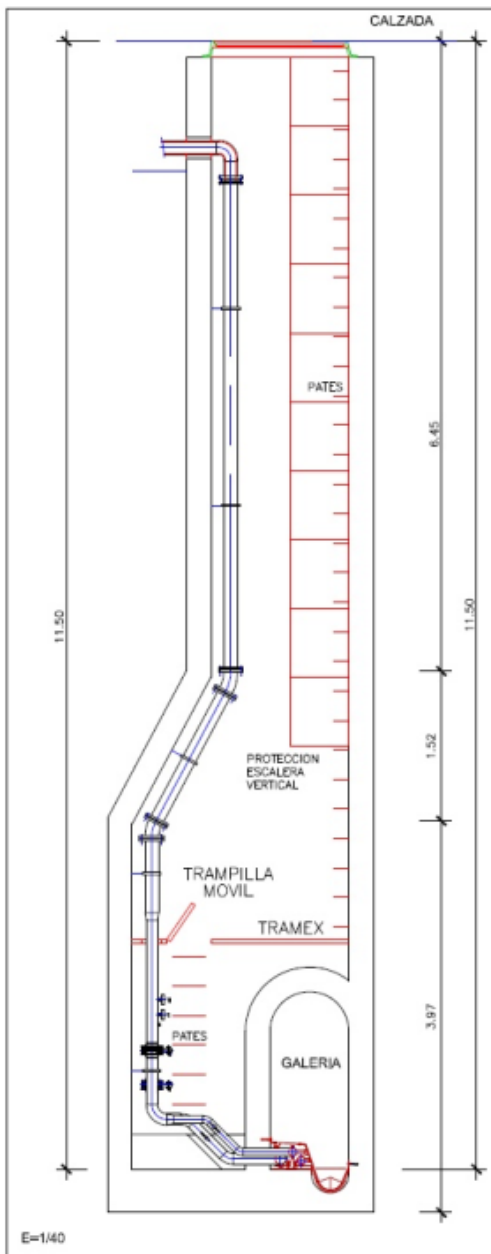


Nº de módulos: 48

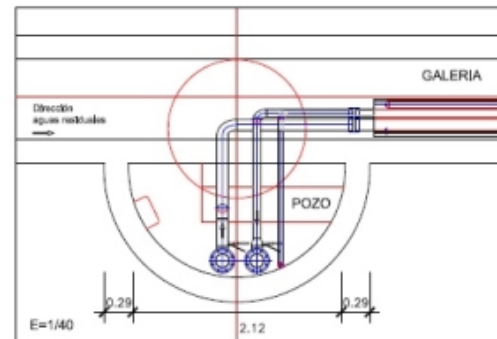
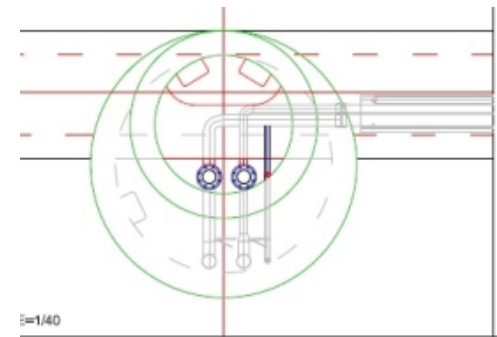
Longitud total intercambiador: 144 m

Placa Superior = Acero 1.4571/1.4404





MADRID





Colectores baja temperatura
(35°C)

Colectores alta temperatura
(55°C)

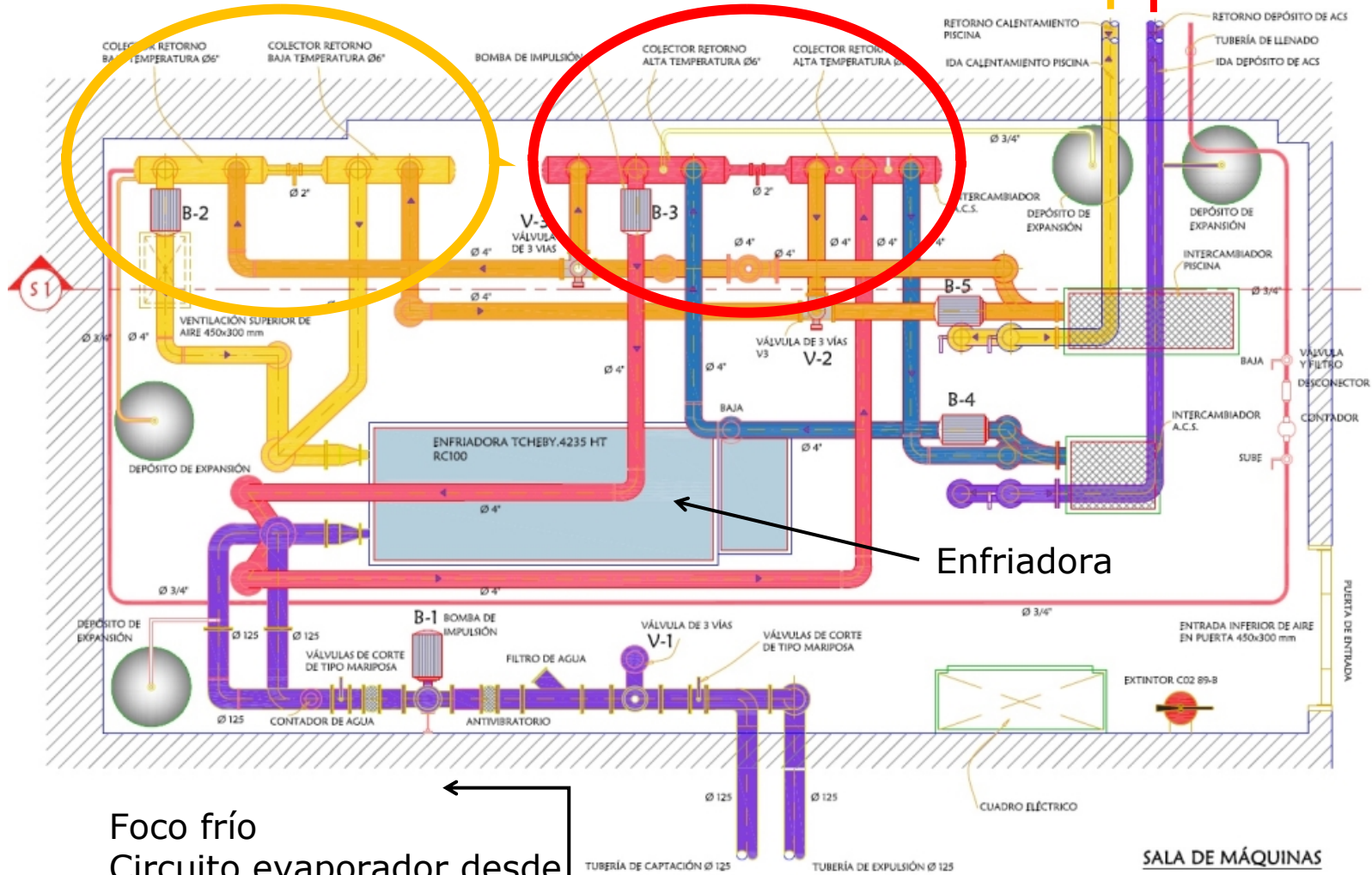
PROPUESTA DE ACTUACIÓN



MADRID

A piscina

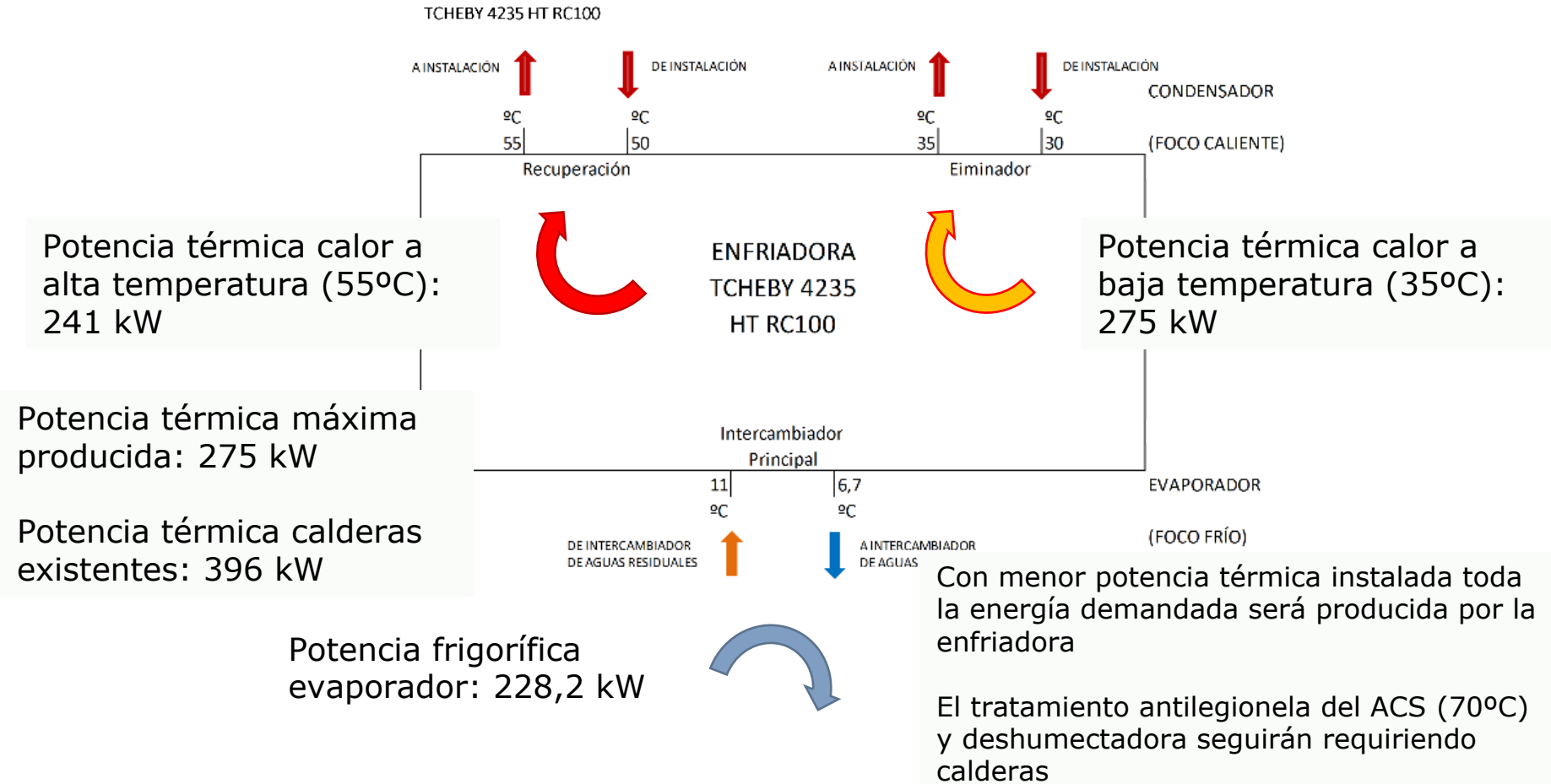
A acumulador ACS



Foco frío
Circuito evaporador desde
intercambiador



PROPUESTA DE ACTUACIÓN



ANÁLISIS TEÓRICO DE EFICIENCIA

Análisis de consumos

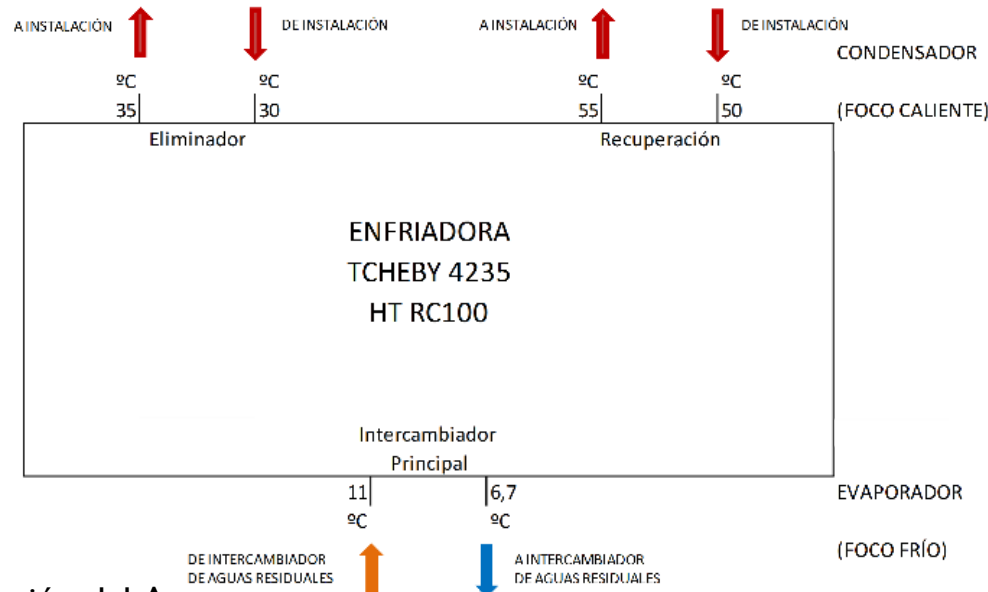
Situación preoperacional (gas-oil y gas)

Energía térmica producida: 960.703,51 kWh/año

Consumo equivalente gas durante año 2015: 87.815,68 m³/año

Coste energético del año 2015: 53.703,32 €/año

Situación postoperacional (electricidad)



(1)	Potencia frío [kWt]	228,20
(2)	Potencia eléctrica [kWe]	47,50
(3)	Potencia eléctrica Total [kWe]	62,14
(4)	Coefficiente de recuperación calor	0,98
(5)	Potencia térmica recuperada [kWt]	46,55
(6)	Potencia calor [kWt]	274,75

(7)	EER ENFRIADORA	4,80
(8)	COP ENFRIADORA	5,78

Cada kW eléctrico consumido produce 5,78 kW térmicos de calor

ANÁLISIS TEÓRICO DE EFICIENCIA

Análisis de consumos

El COP del sistema, considerando:

- Enfriadora
- Intercambiador de aguas residuales
- Bombas de circulación asociadas

Se reduce a:

Producción baja temperatura (35°C)

(1)	Potencia frío [kWt]	228,20
(2)	Potencia eléctrica [kWe]	47,50
(3)	Bomba B1 [kWe]	3,99
(4)	Bomba B2 [kWe]	1,97
(5)	Bomba B3 [kWe]	1,95
(6)	Bomba B4 [kWe]	2,77
(7)	Bomba B5 [kWe]	1,98
(8)	Bomba B6 [kWe]	1,98
(9)	Potencia eléctrica Total [kWe]	62,14
(10)	Coefficiente de recuperación calor	0,98
(11)	Potencia térmica recuperada [kWt]	46,55
(12)	Potencia calor [kWt]	274,75

·/·

(13)	EER ENFRIADORA	4,80
(14)	COP ENFRIADORA	5,78

(15)	EER SISTEMA	3,67
(16)	COP SISTEMA	4,42

4,42

Producción alta temperatura (55°C)

(33)	Potencia frío [kWt]	172,90
(34)	Potencia eléctrica [kWe]	67,50
(35)	Bomba B1 [kWe]	3,99
(36)	Bomba B2 [kWe]	1,97
(37)	Bomba B3 [kWe]	1,95
(38)	Bomba B4 [kWe]	2,77
(39)	Bomba B5 [kWe]	1,98
(40)	Bomba B6 [kWe]	1,98
(41)	Potencia eléctrica Total [kWe]	75,41
(42)	Coefficiente de recuperación calor	0,98
(43)	Potencia térmica recuperada [kWt]	66,15
(44)	Potencia calor [kWt]	239,05

·/·

(45)	EER ENFRIADORA	2,56
(46)	COP ENFRIADORA	3,54

(47)	EER SISTEMA	2,29
(48)	COP SISTEMA	3,17

3,17

ANÁLISIS TEÓRICO DE EFICIENCIA

Análisis de consumos

El COP promedio, ponderado en función del tiempo de funcionamiento de cada modo, se ha calculado considerando:

- 75% del tiempo produciendo agua a 35°C
- 25% del tiempo produciendo agua a 55°C

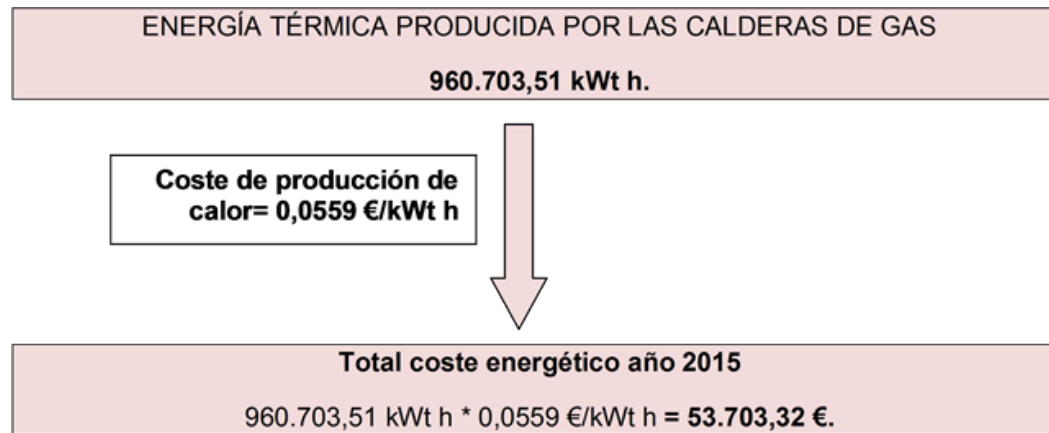
Con lo que el COP ponderado obtenido es: 4,11

Cálculo del consumo eléctrico anual (situación postoperacional):

Condensador BC	P calor promedio [kWt]	P electrica promedio [kWe]	EER	Promedio Coste Eléctrico €/kWe h	Promedio Coste Térmico [€/kWt h]	N horas año	Energía térmica aportada [kWt h]	Consumo energía [kWe h/año]	Coste €/año
Enfriadora	265,83	64,67	4,11	0,0902	0,02195	1.908	507.251,45	123.390,36	11.134,17
Evaporador BC				0,0902					
Condensador BC				0,0902					
Bomba Circu				0,0902					

ANÁLISIS TEÓRICO DE EFICIENCIA

Cálculo de ahorro con los datos de consumo del año 2015



ANÁLISIS TEÓRICO DE EFICIENCIA

Cálculo de ahorro con los datos de consumo del año 2015

TRAS LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CALOR MEDIANTE ENFRIADORA E INTERCAMBIADOR DE AGUAS RESIDUALES.

ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA POR LA ENFRIADORA

507.251,45 kWt h

Coste de producción de
calor= 0,02195 €/kWt h



Total coste energético año 2015:

$507.251,45 \text{ kWt h} * 0,02195 \text{ €/kWt h} = 11.134,17 \text{ €}.$

ANÁLISIS TEÓRICO DE EFICIENCIA

Cálculo de ahorro con los datos de consumo del año 2015

Diferencial entre energía térmica requerida en el año 2015 y producida por enfriadora

ENERGÍA TÉRMICA PRODUCIDA POR LAS CALDERAS DE GAS

Para producir 845.419,09 kWt h - 507.251,45 kWt h = 338.167,64 kWt h.
(suministrados por las calderas de gas).

Que es la diferencia entre la energía que realmente ha requerido el edificio y la energía producida por la enfriadora.

Dado que el rendimiento de las calderas es de un 88%, la energía necesaria para producir 338.167,64 kWt h será de:

$338.167,64 \text{ kWt h} / 88\% = 384.281,41 \text{ kWt h}.$

Coste de producción de calor = 0,0559 €/kWt h

Total coste energético equivalente tras la implantación:
11.134,17 + 21.481,33
32.615,50 €

Total coste energético año 2015:
 $384.281,41 \text{ kWt h} * 0,0559 \text{ €/kWt h} = 21.481,33 \text{ €}.$

TOTAL ENERGÍA PRODUCIDA PARA CUBRIR LA DEMANDA DEL EDIFICIO
 $507.251,45 \text{ kWt h} + 384.281,41 \text{ kWt h} = 891.532,86 \text{ kWt h}$

ANÁLISIS TEÓRICO DE EFICIENCIA

Cálculo de ahorro con los datos de consumo del año 2015

COSTE ENERGÉTICO ANUAL ANTES DE LA IMPLANTACIÓN	53.703,32 €
COSTE ENERGÉTICO ANUAL TRAS LA IMPLANTACIÓN	32.615,50 €
AHORRO EN COSTE ENERGÉTICO ANUAL TRAS LA IMPLANTACIÓN	21.087,82 €
% AHORRO EN COSTE CLIMATIZACIÓN	39,27%

Del mismo modo se estima una reducción de emisiones muy significativa

TONELADAS DE CO2 PRODUCIDAS ANTES DE IMPLANTACIÓN NUEVO SISTEMA	195,98	100,00%
TONELADAS DE CO2 PRODUCIDAS TRAS DE IMPLANTACIÓN NUEVO SISTEMA	122,44	62,48%
TONELADAS DE CO2 EVITADAS TRAS DE IMPLANTACIÓN NUEVO SISTEMA	73,54	37,52%



gracias por su atención

Promotor y dirección facultativa:



Empresa constructora:



Asistencia técnica:

