



EVE | Ente Vasco
de la Energía

Bilbao, 17 de junio de 2008

ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA

Aplicaciones en instalaciones deportivas



EVE | Ente Vasco
de la Energía

Herri - Erakundea

EUSKO JAURLARITZA

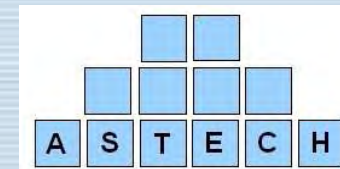
INDUSTRIA, MERKATARITZA
ETA TURISMO SAILA



Ente Público del

GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA,
COMERCIO Y TURISMO



*Advanced Sustainable Energy
Technologies for Cooling and
Heating applications*

iarrizabalaga@eve.es

www.eve.es

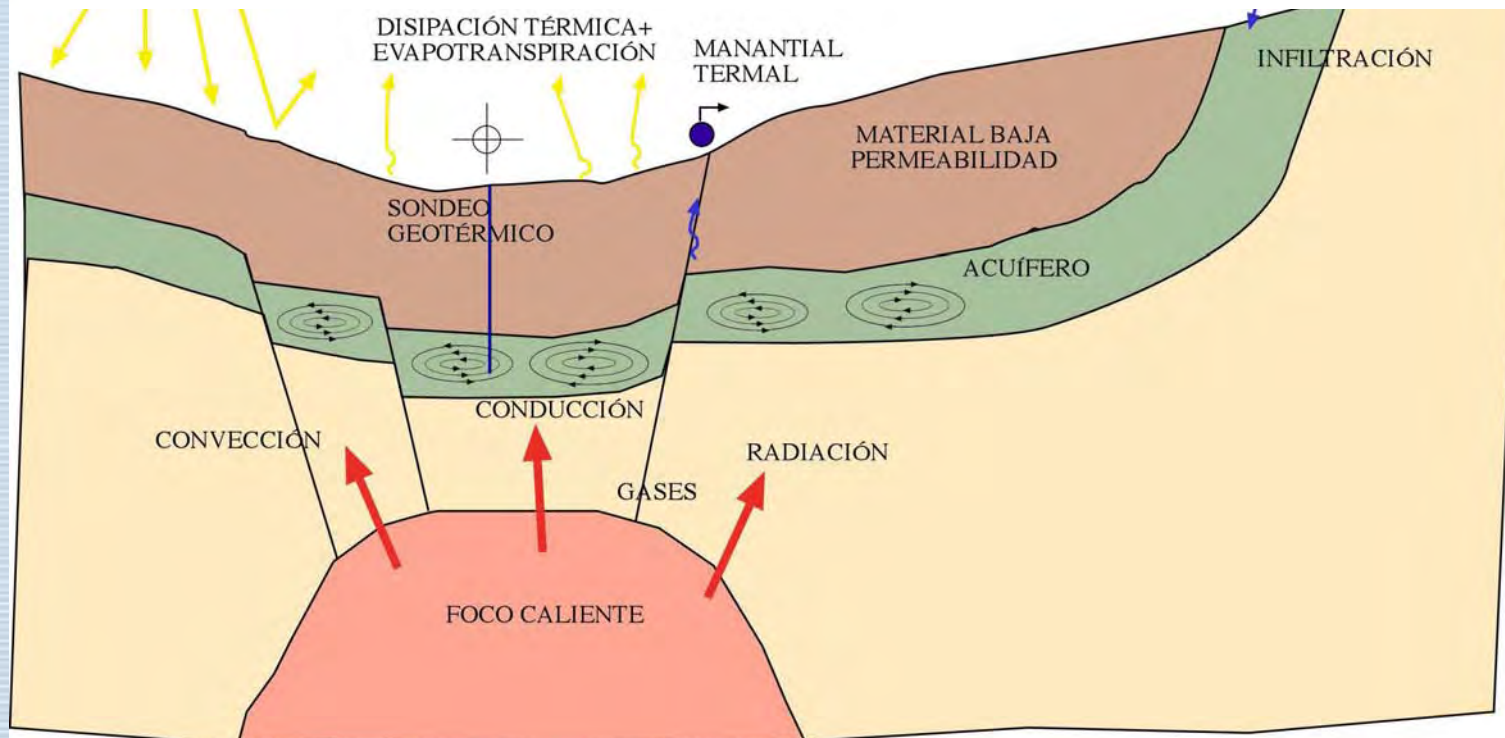


1. **ENERGÍA GEOTÉRMICA**
 - a) **GENERALIDADES**
 - b) **CLASIFICACIÓN**
2. **SISTEMAS DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO**
 - a) **FUNDAMENTOS**
 - b) **APLICABILIDAD**
 - c) **TIPOLOGÍAS**
 - d) **VENTAJAS, INCONVENIENTES Y BARRERAS**
 - e) **GRADO DE EMPLEO.**
3. **CLIMATIZACIÓN DEL C.I.M. AZTERLAN (200 KW) MEDIANTE I. G.**



CLASIFICACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

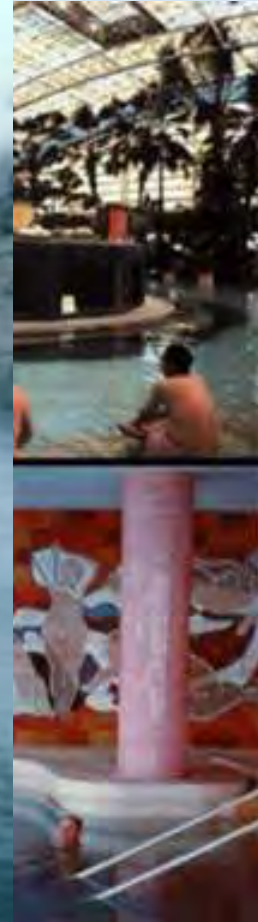
- ❖ E.G. ALTA TEMPERATURA: $T^a > 150^{\circ}\text{C}$; Producción energía eléctrica
- ❖ E.G. MEDIA TEMPERATURA: $150^{\circ}\text{C} > T^a > 90^{\circ}\text{C}$; Uso directo. COP: 10-20
- ❖ E.G. BAJA TEMPERATURA: $90^{\circ}\text{C} > T^a > 25^{\circ}\text{C}$; Uso directo. COP: 10-20
- ❖ E.G. MUY BAJA TEMPERATURA: $T^a < 25^{\circ}\text{C}$; Intercambio geotérmico. COP 3,5-5





EVE | Ente Vasco
de la Energía

GEOTERMIA USO DIRECTO





✓ E.G. MUY BAJA TEMPERATURA (< 25°C)

- **EL INTERCAMBIO GEOTÉRMICO ES LA TECNOLOGÍA DESARROLLADA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA E.G. DE BAJA ENTALPÍA**
- **OTROS TÉRMINOS: GEOINTERCAMBIO, GEOTERMIA SOLAR, GEOEXCHANGE, GROUND SOURCE HEAT PUMP (GSHP), GROUND COUPLED HEAT PUMP (GCHP), LOOP,.....**
- **CALEFACCIÓN REQUIERE BOMBA DE CALOR**

ORIGEN ENERGÍA

- ❖ **FLUJO GEOTÉRMICO PROFUNDO: 60-100 mW/m² (GRADIENTE GEOTÉRMICO)**
- ❖ **RADIACIÓN SOLAR ABSORBIDA (>45% EN LOS 10 M SUPERIORES)**
- ❖ **FLUJO AGUA SUBTERRÁNEA**
- ❖ **ENERGÍA TÉRMICA ALMACENADA EN EL TERRENO (0,75 kWh/m³/°C)**
- ❖ **CARGAS DISIPADAS REFRIGERACIÓN**



ÍNDICE DE ENERGÍA PRIMARIA (PER): 1,50-2,10

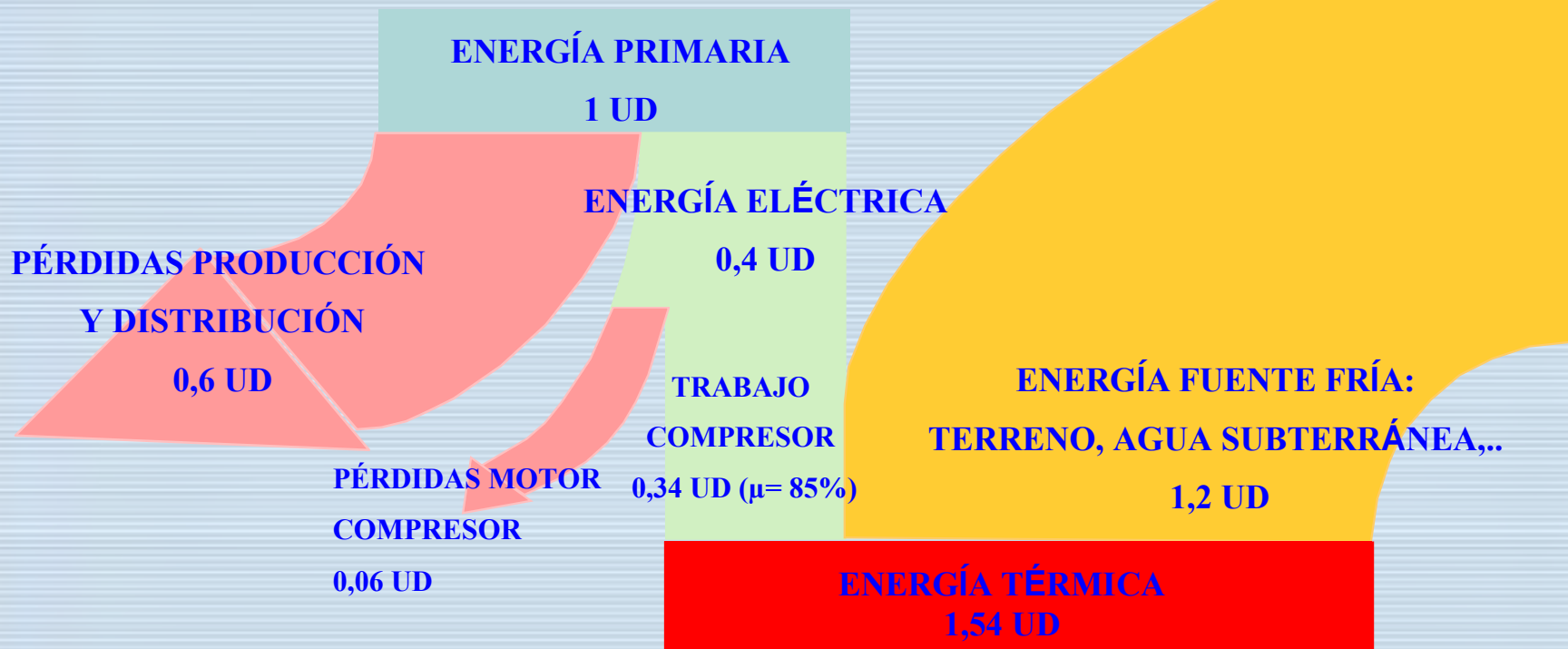
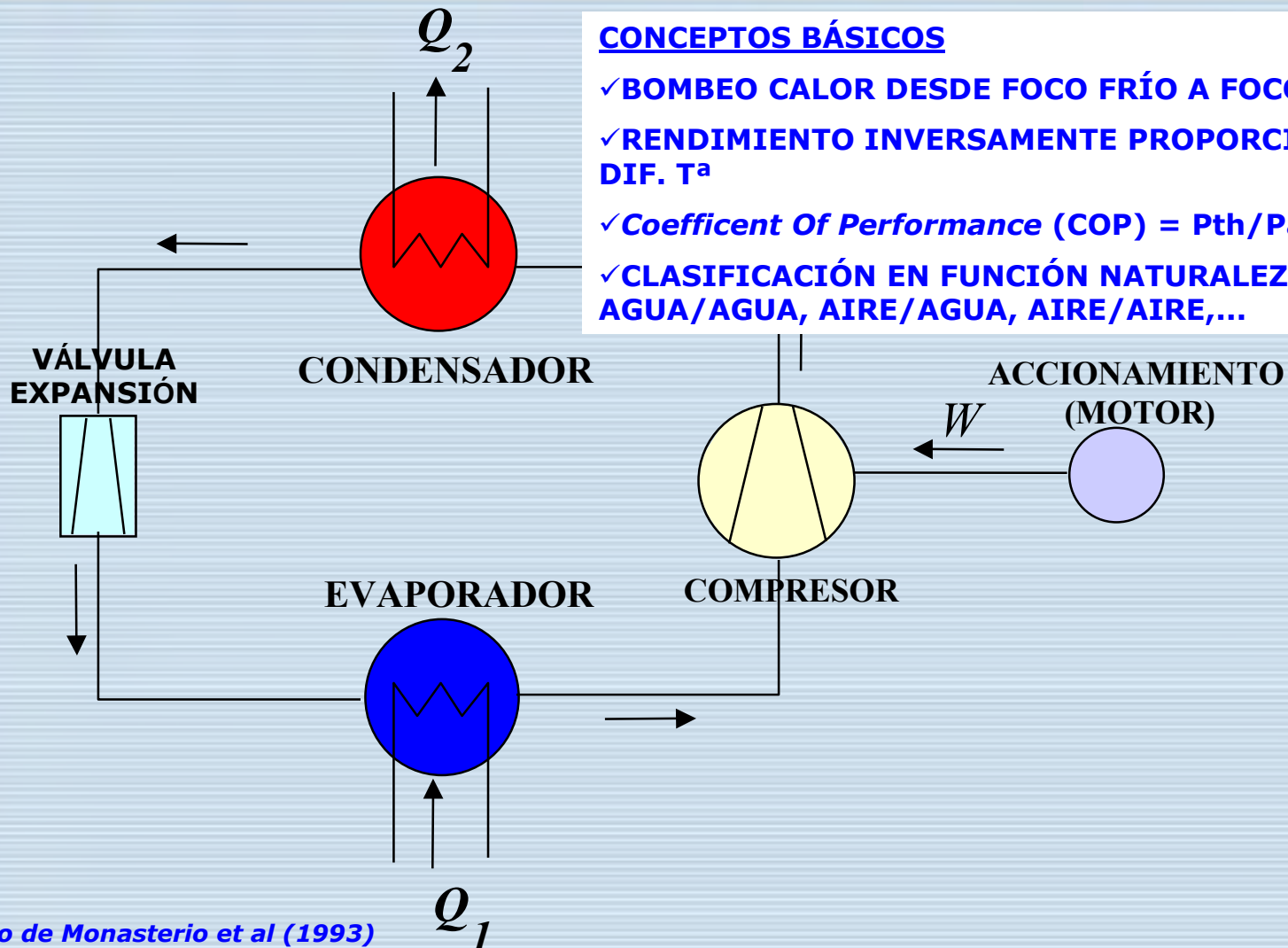


Diagrama de Sankey. Modificado de Monasterio et al (1993)



ESQUEMA CICLO BC



Adaptado de Monasterio et al (1993)



PERFIL TEMPERATURAS

Max Temperature (°C)
Min Temperature (°C)

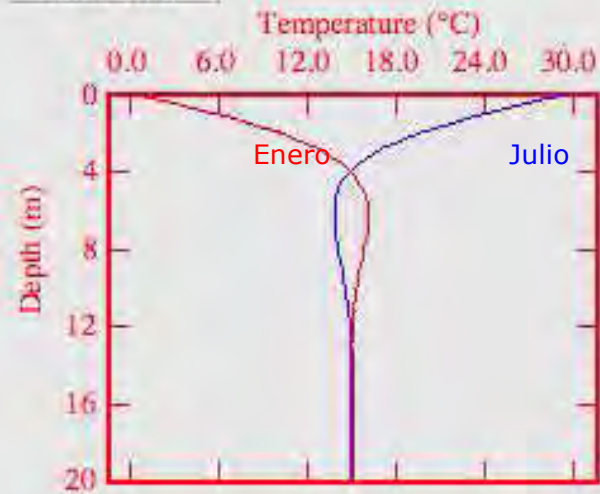
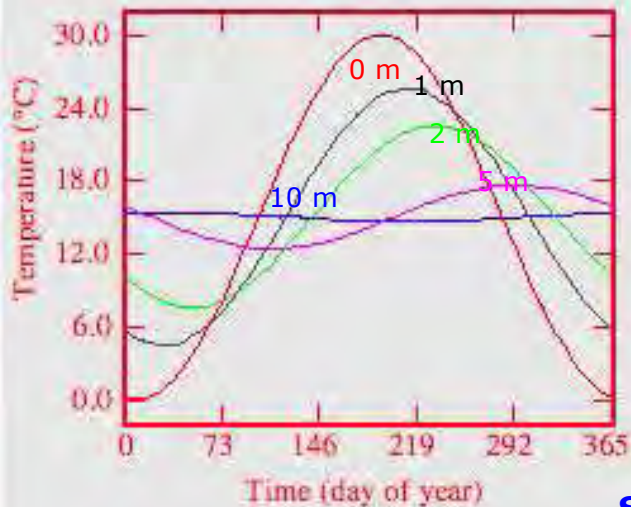
Thermal Diffusivity (m² /day)
Time Lag (days)

Graph of Temperature vs. Time
at Depth (meters)

Graph of Temperature vs. Depth
at Time (month/day)

Retain Line

Clear Line

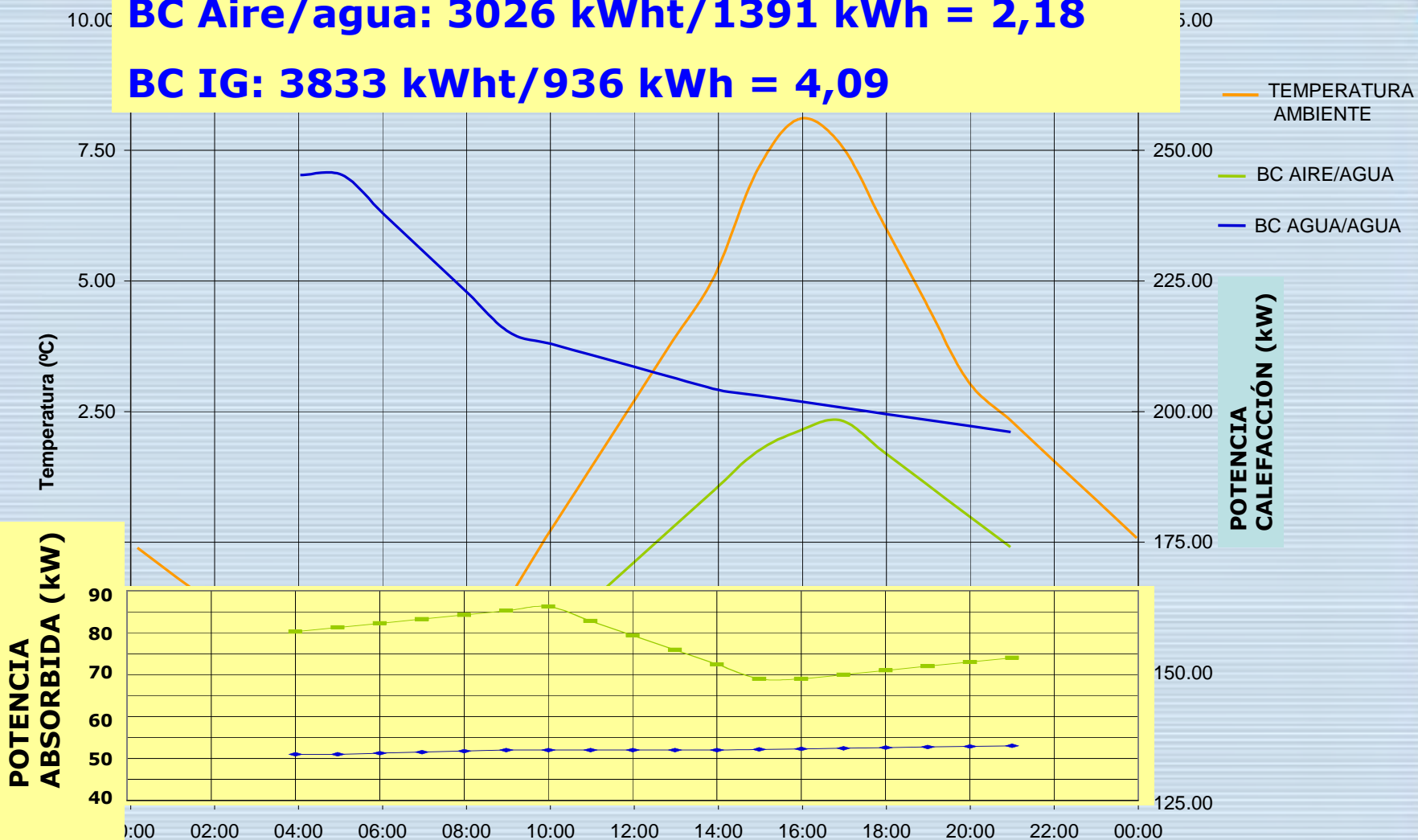




CURVAS BOMBA CALOR CALEFACCIÓN

BC Aire/agua: 3026 kWht/1391 kWh = 2,18

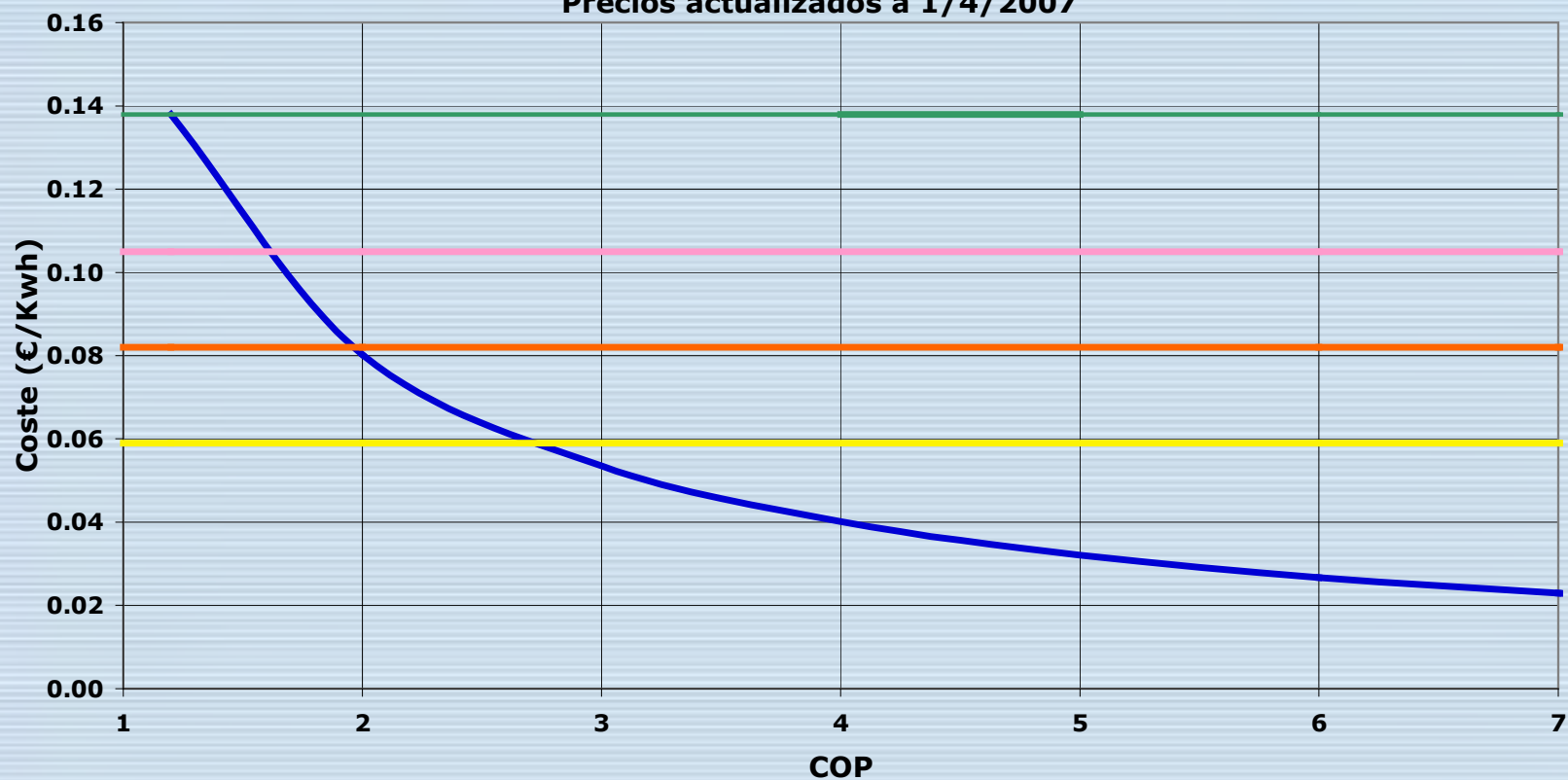
BC IG: 3833 kWht/936 kWh = 4,09





COMPARACIÓN COSTES ENERGÍA

Comparación costes energía. Calefacción centralizada
Precios actualizados a 1/4/2007

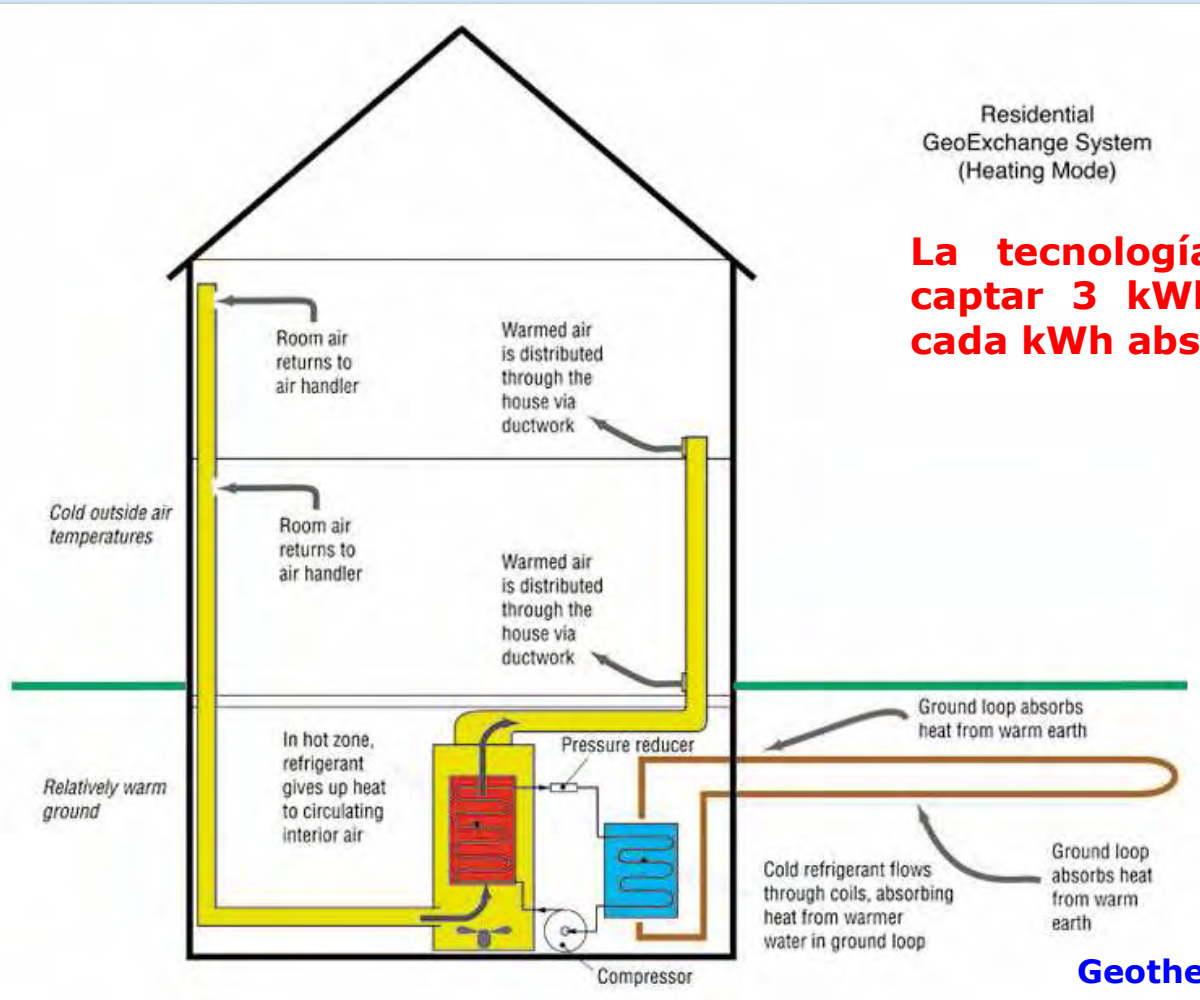


- Bomba de calor: 0,138 €/kWh
- Electricidad, radiador: 0,138 €/kWh
- Gasoleo C, carga 20 Tm: 0,105 €/kWh
- Propano, canalizado: 0,082 €/kWh
- Gas natural, Caldera alto rendimiento 22800kWh/año: 0,059 €/kWh

Adaptado de Monasterio et al (1993)



APROVECHAMIENTO ENERGÍA GEOTÉRMICA (ENERGÍA RENOVABLE)

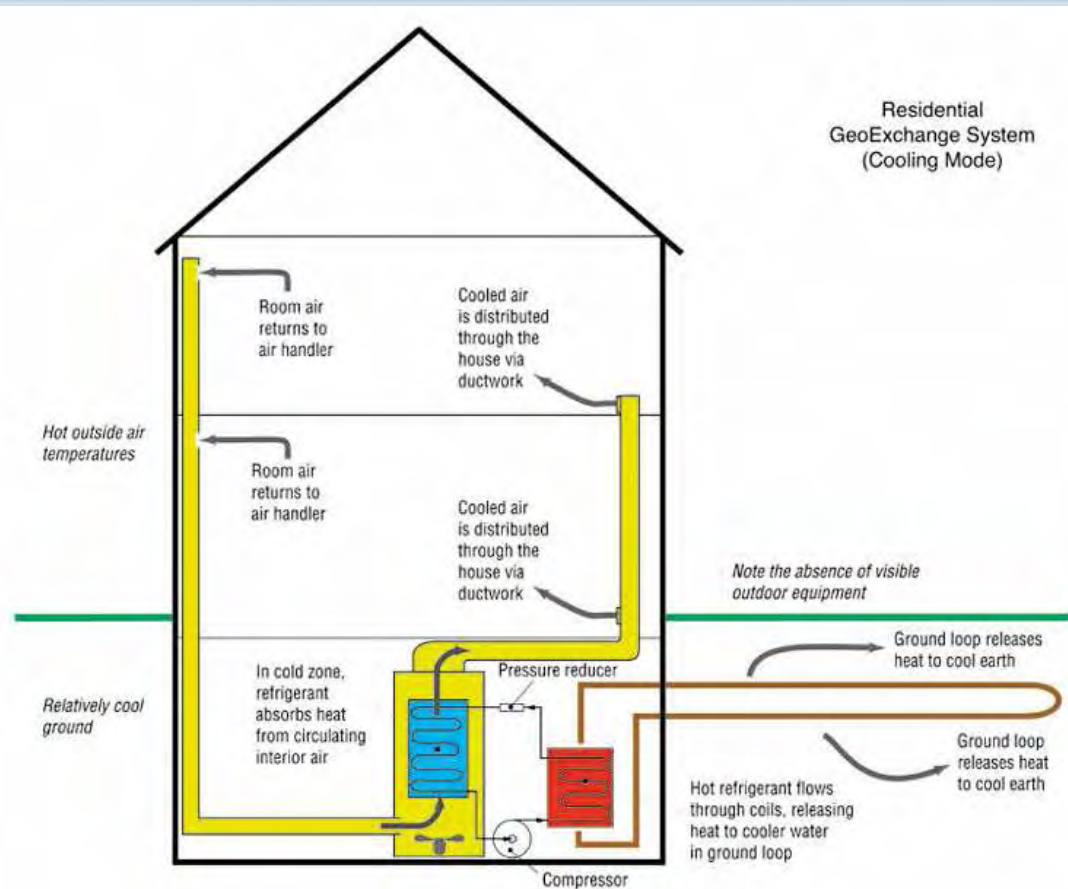


La tecnología de IG permite captar 3 kWh del terreno por cada kWh absorbido de la red

Geothermal Heat Pump Consortium



MEJORA RENDIMIENTO. EFICIENCIA ENERGÉTICA



Se transmite la carga térmica del edificio al terreno que permanece a temperatura constante: 10°C - 20°C, todo el año

Geothermal Heat Pump Consortium



GSHP Tipos

✓ Circuito abierto

- Aguas subterráneas
- Aguas superficiales: lago, mar, río

✓ Circuito semiabierto

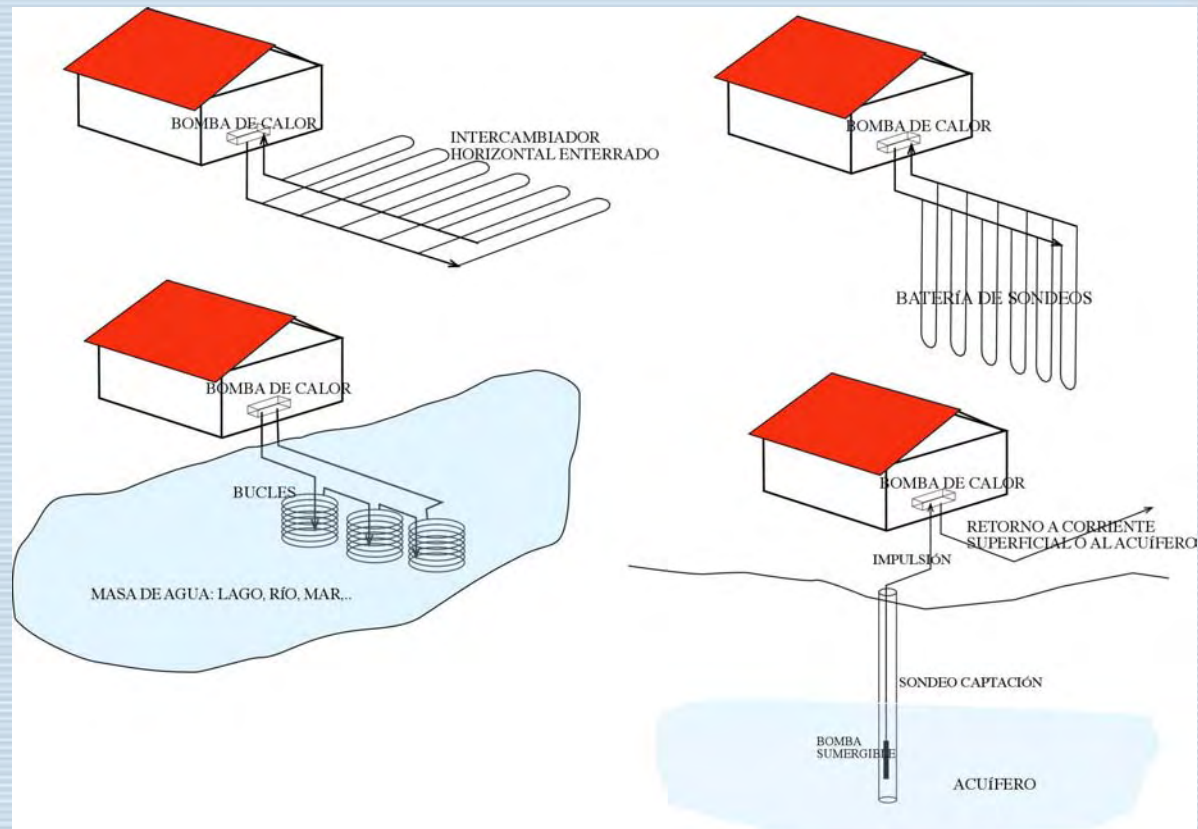
- ✓ SCW
- ✓ ATES

✓ Circuito cerrado

- IG aguas superficiales
- IG horizontal
- IG expansión directa
- IG sondeo vertical
- IG sondeo horizontal
- Pilotes energéticos
- Pantallas energéticas
- BTES

✓ SS. híbridos

✓ Ss. pretratamiento aire.





CONDICIONES INSTALACIÓN IDEAL:

- Elevado número de horas de utilización
- Calefacción y refrigeración
- Disponibilidad terreno (en caso de renovación)
- Escuelas,
- Centros administrativos
- Centros comerciales
- Edificios oficinas
- Vivienda unifamiliar.





- ✓ **CLIMATIZACIÓN ESPACIOS: CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y ACS**
- ✓ **PISCINAS**
- ✓ **PISTAS DE HIELO, CURLING**
- ✓ **SECADO Y CONTROL HUMEDAD**



maintain good heat transfer from the ice. This allowed the
7.5 kW
water-v
the vert
the attr

loop as they heat the building. Loop temperatures stabilize at
13°C to 18°C during mid-winter, rise slightly in

TABLE 2 Annual Cost Comparison

	CONVENTIONAL SYSTEM	GEO THERMAL SYSTEM
Annual Service (startup & shutdown)	\$ 2,500	\$ 400
Energy Cost	\$ 17,568	\$ 8,844
Daily Maintenance (half hour/day)	\$ 2,700	–
Oil (for ammonia compressor)	\$ 800	–
6,000 hour check (cost/year)	\$ 1,250	–
12,000 hour check (cost/year)	\$ 1,250	–
Heat pump replacement (once in 20 yrs)	–	\$ 985
Circ. Pump replacement (once in 20 yrs)	\$ 175	\$ 130
Chiller, header, condenser (once in 20 yrs)	\$ 2,300	–
Replace HVAC system (once in 20 yrs)	\$ 450	
Total Cost per Year	\$ 28,993	\$ 10,359

FIGURE
heating

This table compares the annual costs of a conventional system versus a geothermal system in today's dollars, based on a twenty-year life cycle. (The club can expect to replace the major components in the system about once in twenty years.)

* 1 ton of cooling equates to 211 kilojoules per minute or 200 BTU per minute of energy.



- ✓ **Coste mínimo de ciclo de vida**
 - **Bajo coste mantenimiento**
 - **Bajo coste operación**
- ✓ **Ahorro energético**
 - **hasta 70% en calefacción**
 - **hasta 50% en refrigeración**
- ✓ **Sistema ecológico**
 - **Energía renovable**
 - **Balance energético integral positivo: $\geq 120\%$**
 - **Circuito cerrado o uso no consuntivo del agua**
 - **Reduce emisiones CO₂**

“El intercambio geotérmico es la tecnología de climatización de edificios energéticamente mas eficiente y menos contaminante”. EPA (1993)



- ✓ **Flexibilidad; en todo tipo de climas**
- ✓ **Universalidad: un sistema para cada terreno y C. Hidrogeológicas**
- ✓ **Calefacción y refrigeración simultánea**
- ✓ **Sin combustión. Sin depósitos.**
- ✓ **Reducción puntas de consumo eléctrico**
- ✓ **Montaje en interior edificio, sin tomas de aire ni retornos**
 - **bajo nivel ruido: fin “denuncia estrella del verano”**
 - **servidumbres mínimas: no torres de refrigeración, aeroventiladores,...**
 - **necesidades de espacio reducidas**
 - **vida equipo superior**



- ✓ **Funciona en circuito cerrado: no *legionella*. Menores gastos de O/M**
- ✓ **Vida sondeos: mínimo 50 años**
- ✓ **Robustez y fiabilidad mecánica**
- ✓ **Efectos beneficiosos sobre empleo local: MO intensiva+no deslocalización**
- ✓ **Compatible y adicional a otras EE RR.**



- ✓ **Elevado coste inicial: recuperación 5-15 años**
- ✓ **Limitación temperatura uso: 55°C - 65 °C**
- ✓ **Posibilidad de impactos: cargas elevadas localizadas en ciclo abierto, afecciones perforación, mezclas acuíferos,..**
- ✓ **Afecciones fase de obras**
 - **Ocupación y afección terreno**
 - **Enturbiamiento, espumas y lodos**
 - **Escorrentías**
 - **Ruidos.**



- ✓ Disponibilidad equipos de perforación: retrasos, precios,..
- ✓ Déficit de empresas y personal cualificado: diseño, perforación, suministros, instaladores PE.....
- ✓ Administrativas: LCA, coordinación otros trabajos, “Dinámica Obra grande”
- ✓ Falta de experiencias en nuestro entorno.



Principales países

PAÍS	Nº INSTALACIONES (2006)	POTENCIA INSTALADA (MW)
SUECIA	270.111	2.430
ALEMANIA	90.517	996
FRANCIA	85.856	922
DINAMARCA	43.252	821
FINLANDIA	33.612	722
AUSTRIA	40.151	664
HOLANDA	1.600	253
SUIZA ⁽²⁾	40.000	600
USA ⁽¹⁾	600.000	6.300
CANADA ⁽¹⁾	36.000	435

CAE/Francia

16,6 MW x 10⁻⁶ hab

34,9 MW

CAE/Suecia

273 MW x 10⁻⁶ hab

573 MW



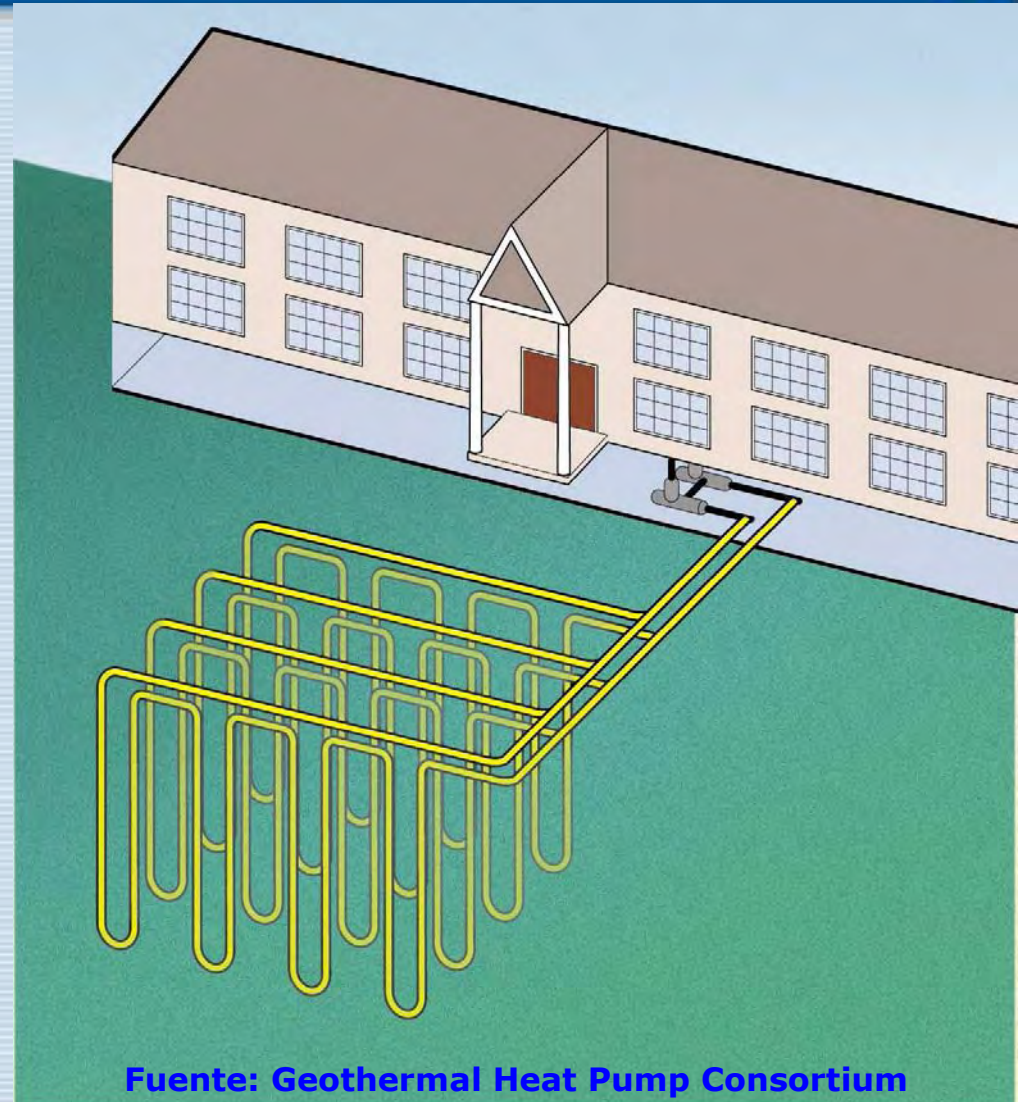
**Proyecto piloto para la climatización mediante un sistema de IG del
Centro de Investigación Metalúrgica Azterlan. Durango, Bizkaia
2005-2006**

- ✓ Superficie construida sobre rasante: 3.750 m², tres plantas
- ✓ Techo radiante y climatizadora agua/aire
- ✓ Proyecto original 2 x 200 kW bombas de calor aire/agua
- ✓ Sustitución 1 x 200 kW BC agua/agua+1 x 200 kW BC aire/agua
- ✓ Proyecto piloto acometido y financiado por EVE-CADEM.



INTERCAMBIADOR VERTICAL

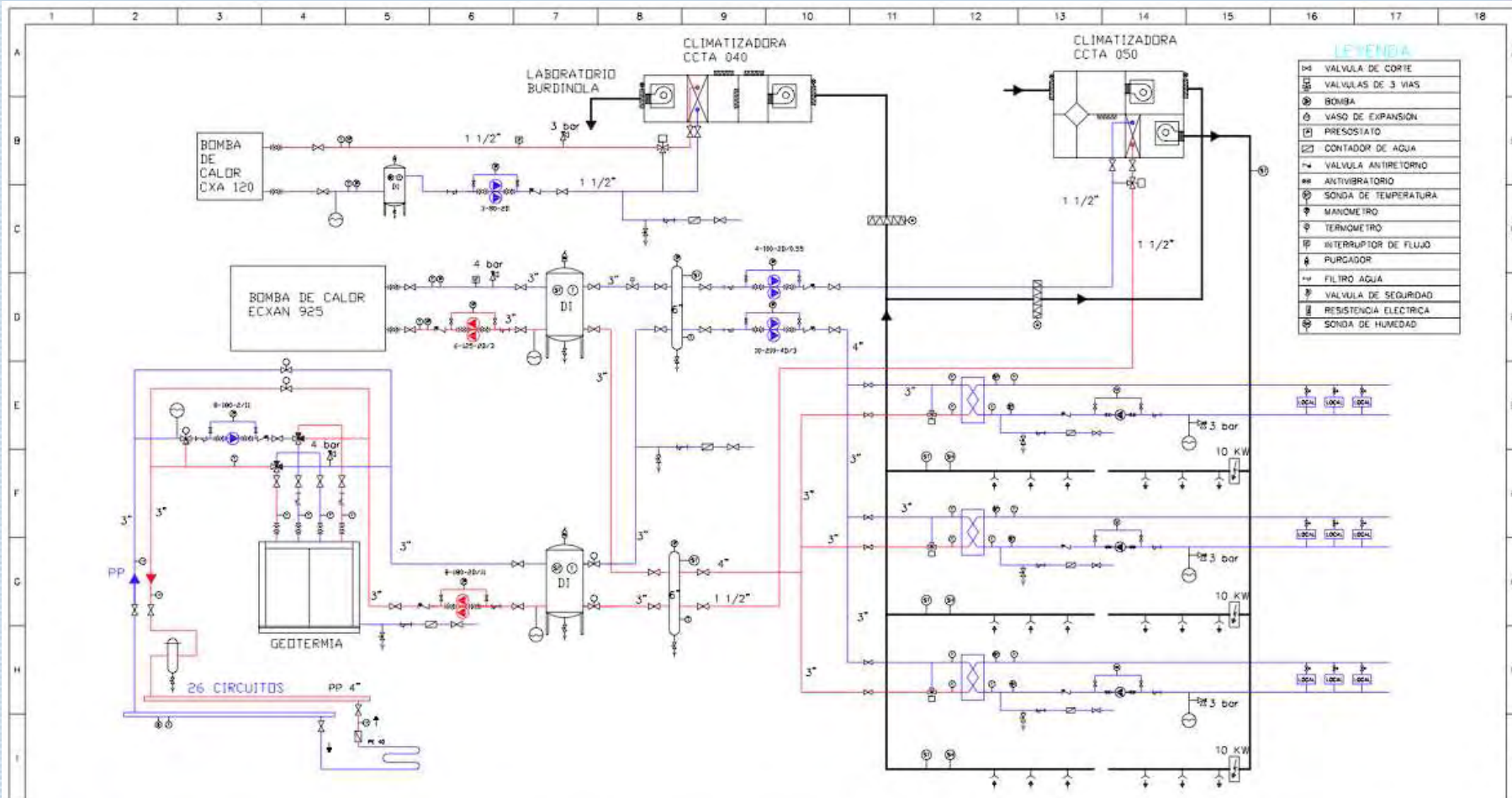
- ✓ Precisa equipo perforación
- ✓ Profundidad instalación: 40 m - 200m
- ✓ Longitudes de circuito >80 m.l.
- ✓ S intercambiador \leq S construida
- ✓ Variación anual T^a mínima
- ✓ T^a intercambio óptima
- ✓ Excelente aplicabilidad.



Fuente: Geothermal Heat Pump Consortium



Esquema principio



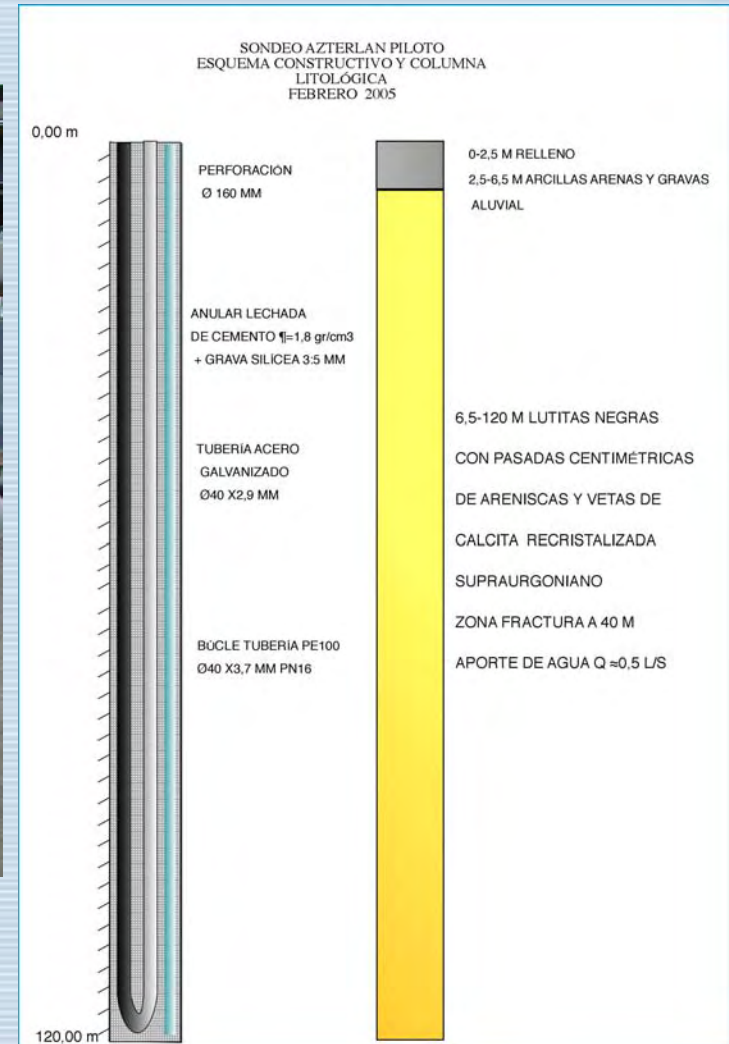
LEYENDA

⊞	VALVULA DE CORTE
⊞	VALVULAS DE 3 VIAS
⊞	BOMBA
⊞	VASO DE EXPANSION
⊞	PRESOSTATO
⊞	CONTADOR DE AGUA
⊞	VALVULA ANTIRETORNO
⊞	ANTIVIBRATORIO
⊞	SONDA DE TEMPERATURA
⊞	MANOMETRO
⊞	TERMOMETRO
⊞	INTERRUPTOR DE FLUJO
⊞	PURGADOR
⊞	FILTRO AGUA
⊞	VALVULA DE SEGURIDAD
⊞	RESISTENCIA ELECTRICA
⊞	SONDA DE HUMEDAD

UNI-SERVIS 2001, S.A.	REF. OBRA	OBRA	SITUACION	TITULO	DIBUJADO	FECHA	COMPROBADO	FECHA	ARCHIVO	ESCALA	Nº PLANO
	RO 6/000	AZTERLAN	C/ MONTORRETAS DURANGO	ESQUEMA PRINCIPIO	R.A.G.	19-05-06	J.I.E.	19-05-06	ESQUE PRIN 19-05-06	S/N	1



PERFORACIÓN SONDEO PILOTO. FEBRERO DE 2005





Características térmicas materiales

$$Q_{\text{calor}} = k \cdot \Delta t \cdot S$$

K lutitas: 1,73-3,12 W/m°K

Carga refrigeración: 236.747 kWht

k inf. 4252 m.l.

k sup. 2862 m.l.

Δl=1390 m.l.

Punit=40 €/m.l.

Δcoste=55.600 €

Coste sondeo piloto+prueba ≈ 9.000€

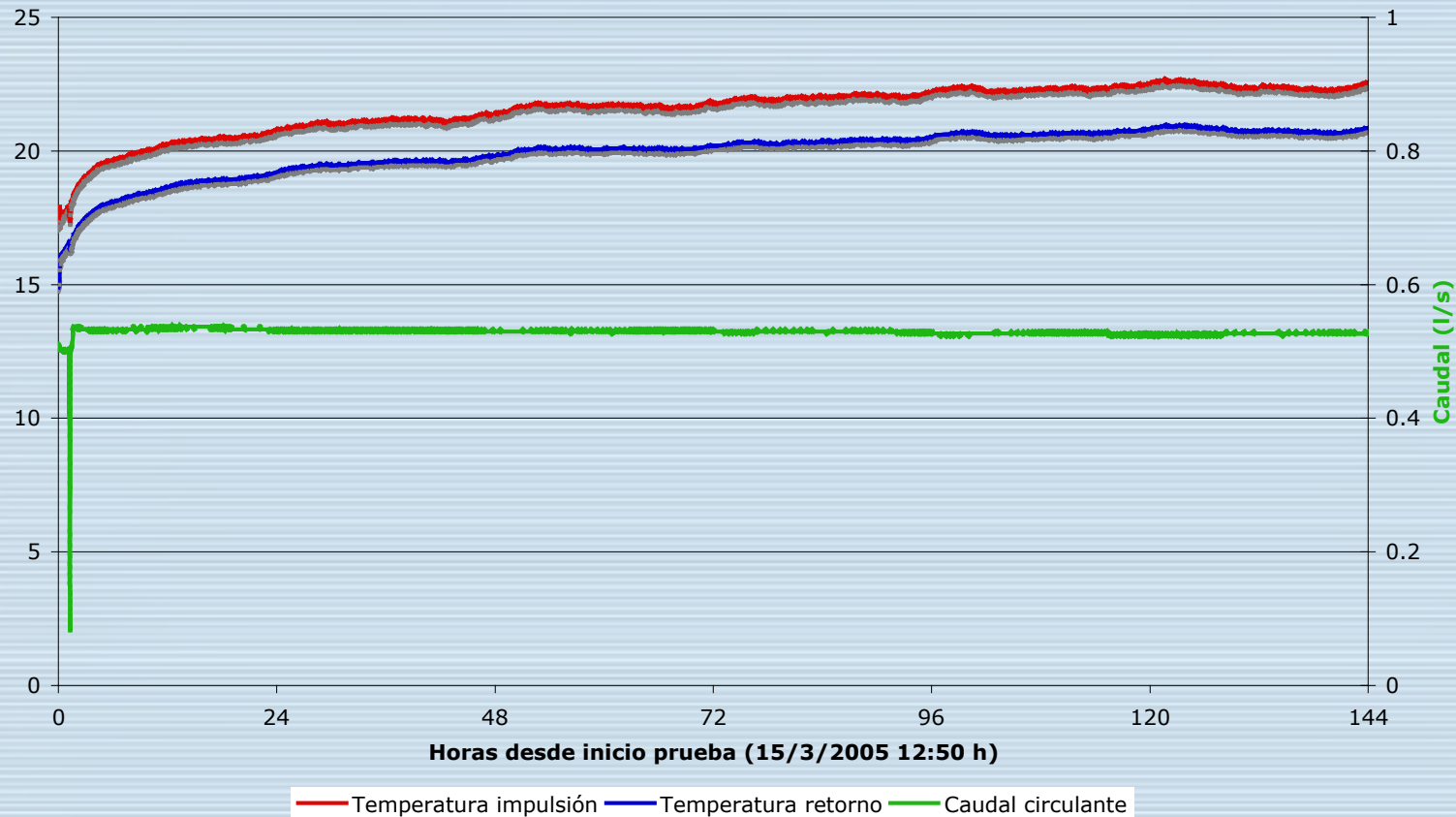
	Conductividad térmica		Calor específico	Densidad	Difusividad térmica
	k Total (W/m-°K)	k 80% (W/m-°K)	cp (W-h/kg))	ρ (kg/ m3)	α (k/ρcp) (m2/d)
ROCAS SEDIMENTARIAS					
Argilita	1,9-2,94				
Dolomía	1,56-6,23	2,77-6,23	0.136	2723-2803	0,102-0,214
Caliza	1,38-6,23	2,42-3,81	0.142	2403-2803	0,093-0,13
Halita	6.4		0.129	2082-2162	
Arenisca	2,08-3,46		0.155	2563-2723	0,065-0,11
Limolita	1,38-2,42				
Lutita saturada (25% cuarzo)	1,04-3,98	1,73-3,12	0.136	2082-2643	0,084-0,11
Lutita saturada (sin cuarzo)	1,04-3,98	1,04-1,56	0.136	2082-2643	0,046-0,056
Lutita seca (25% cuarzo)	1,04-3,98	1,38-2,42	0.136	2082-2643	0,065-0,093
Lutita seca (sin cuarzo)	1,04-3,98	0,86-1,38	0.136	2082-2643	0,042-0,051

k"total": Comprende la totalidad de las observaciones

k"80%": Comprende el 80% de las observaciones



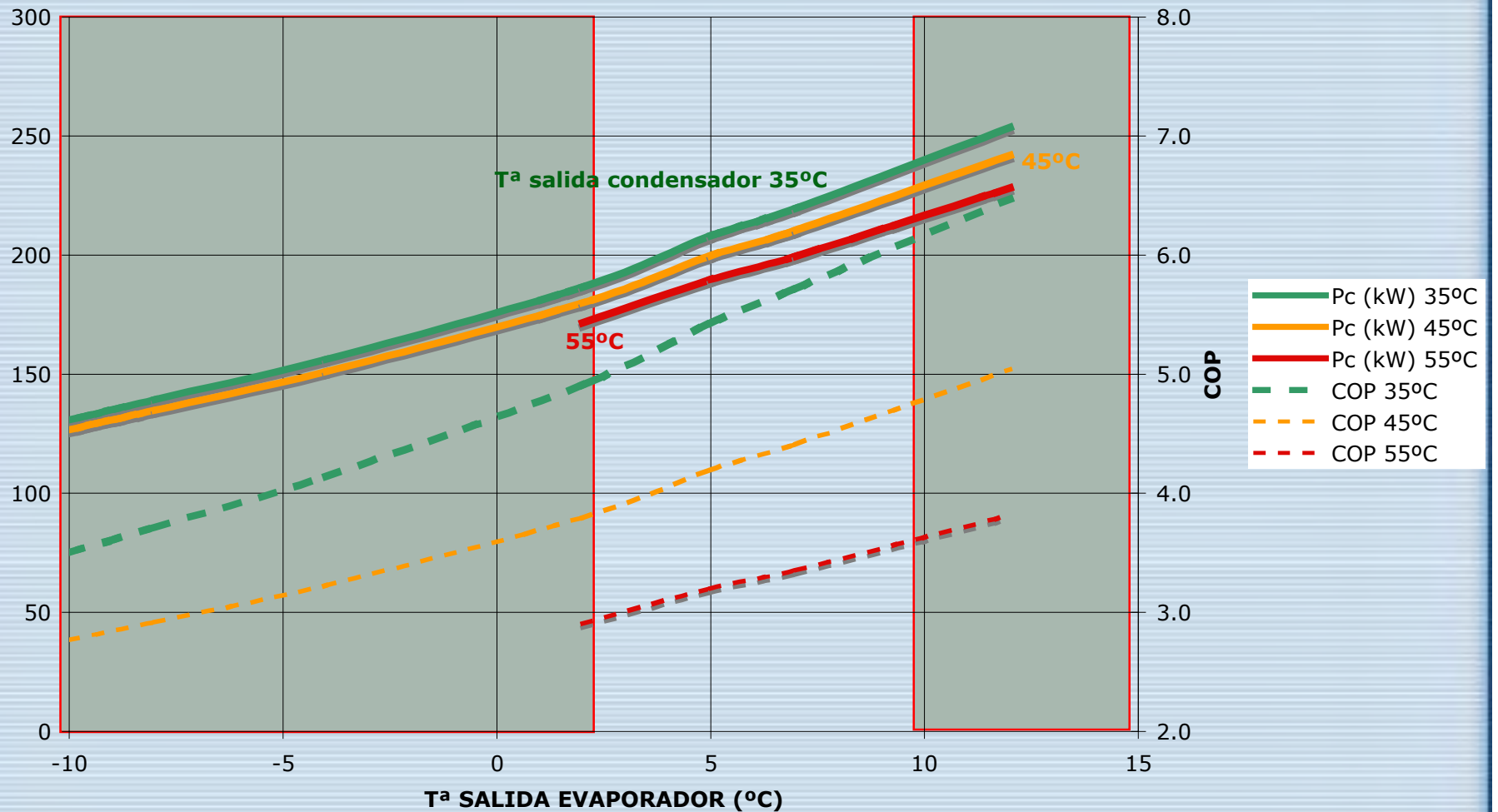
Ensayo termométrico Azterlan



Ensayo de caracterización: marzo de 2005

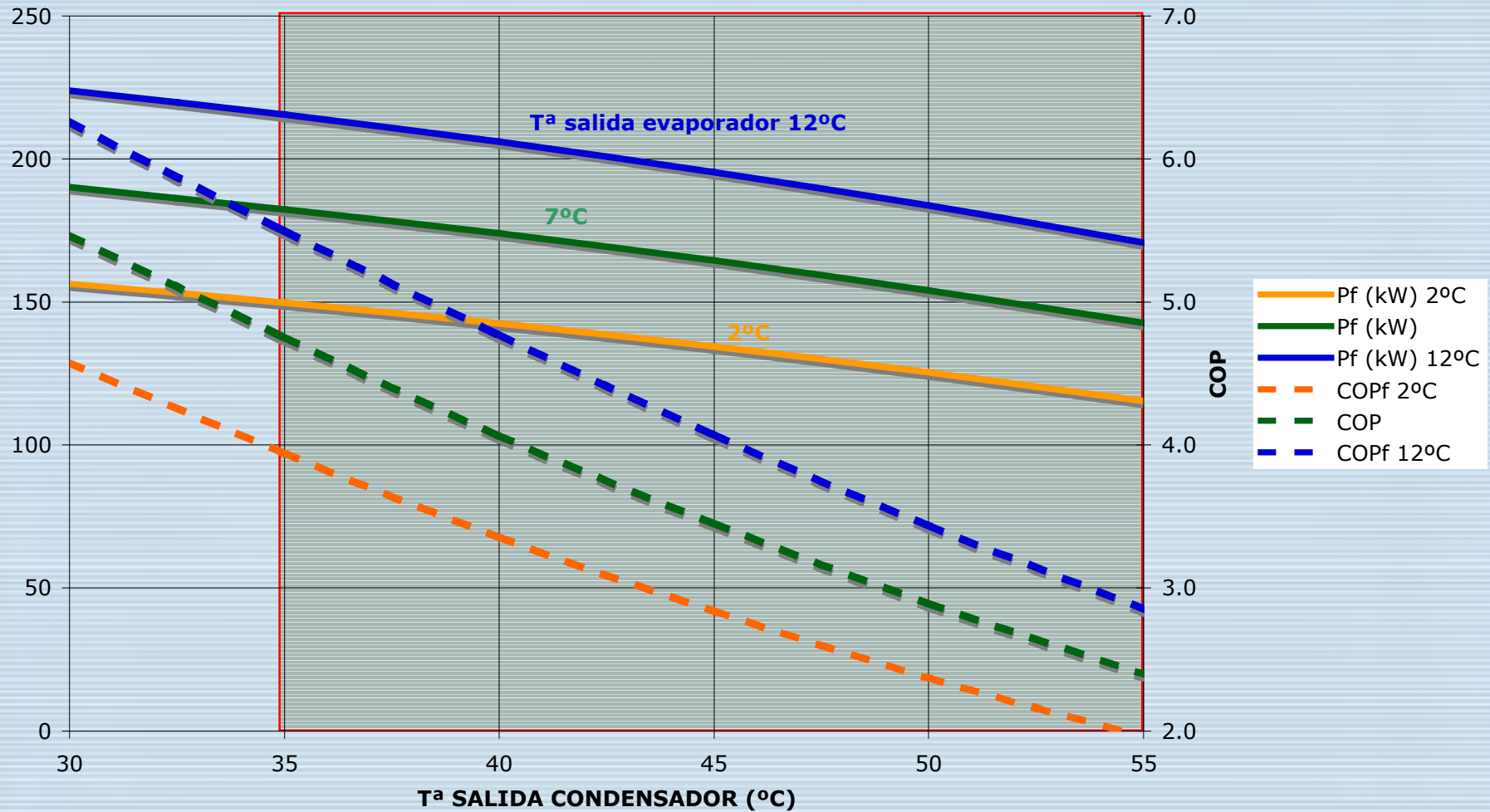


DYNACIAT LG600V CURVAS CALEFACCIÓN





DYNACIAT LG600V CURVAS REFRIGERACIÓN





EVE | Ente Vasco
de la Energía

Construcción sondeos



**PERFORACIÓN:
JUNIO/AGOSTO DE 2005**



EVE | Ente Vasco
de la Energía

Construcción sondeos



LABORES ENTUBACIÓN



EVE | Ente Vasco
de la Energía

Azterlan construcción sondeos



**PERFORACIÓN 2780 M DE SONDEOS
JUN-AGO 2005**



EVE | Ente Vasco
de la Energía

Azterlan conexionado sondeos



**ZANJEO. COLOCACIÓN TUBERÍAS CONEXIÓN
SEPTIEMBRE 2005**



EVE | Ente Vasco
de la Energía

Conexión sondes



**CÁMARA COLECTORES
OCTUBRE DE 2005**



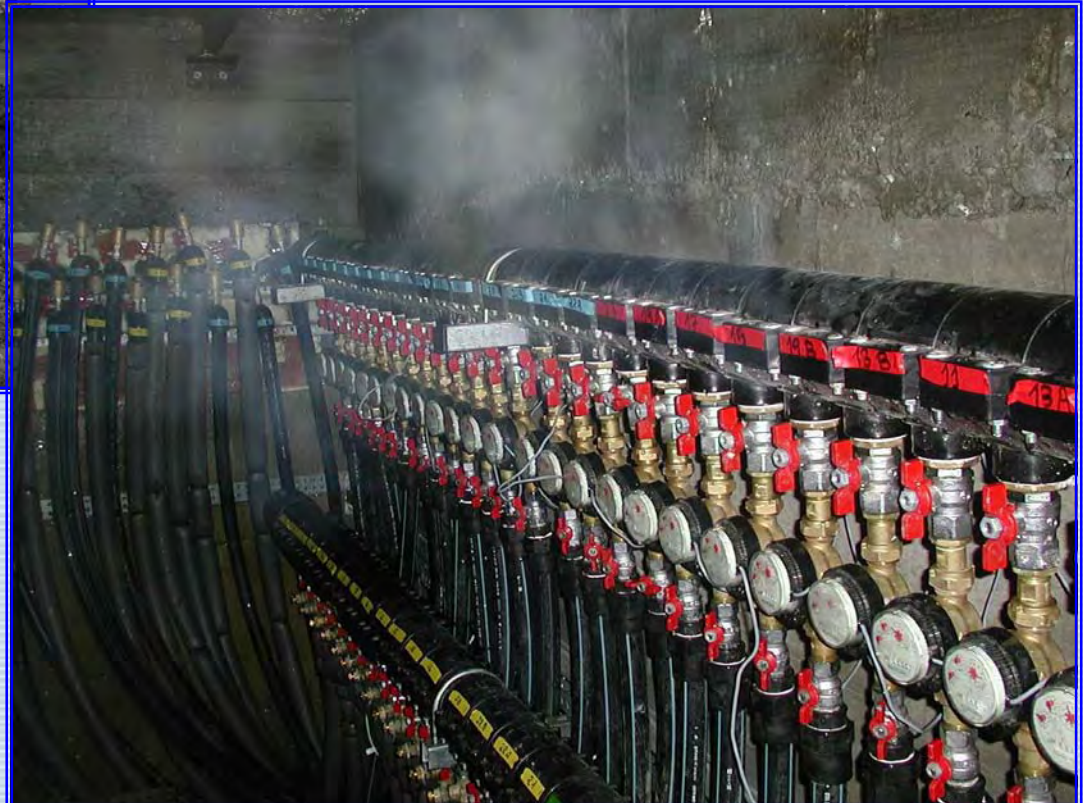


EVE | Ente Vasco
de la Energía

Conexión sondes



CÁMARA DE COLECTORES
OCTUBRE 2005





EVE | Ente Vasco
de la Energía

Cuarto mecánico



CIRCUITO INVERSIÓN



ARMARIO CONTROL



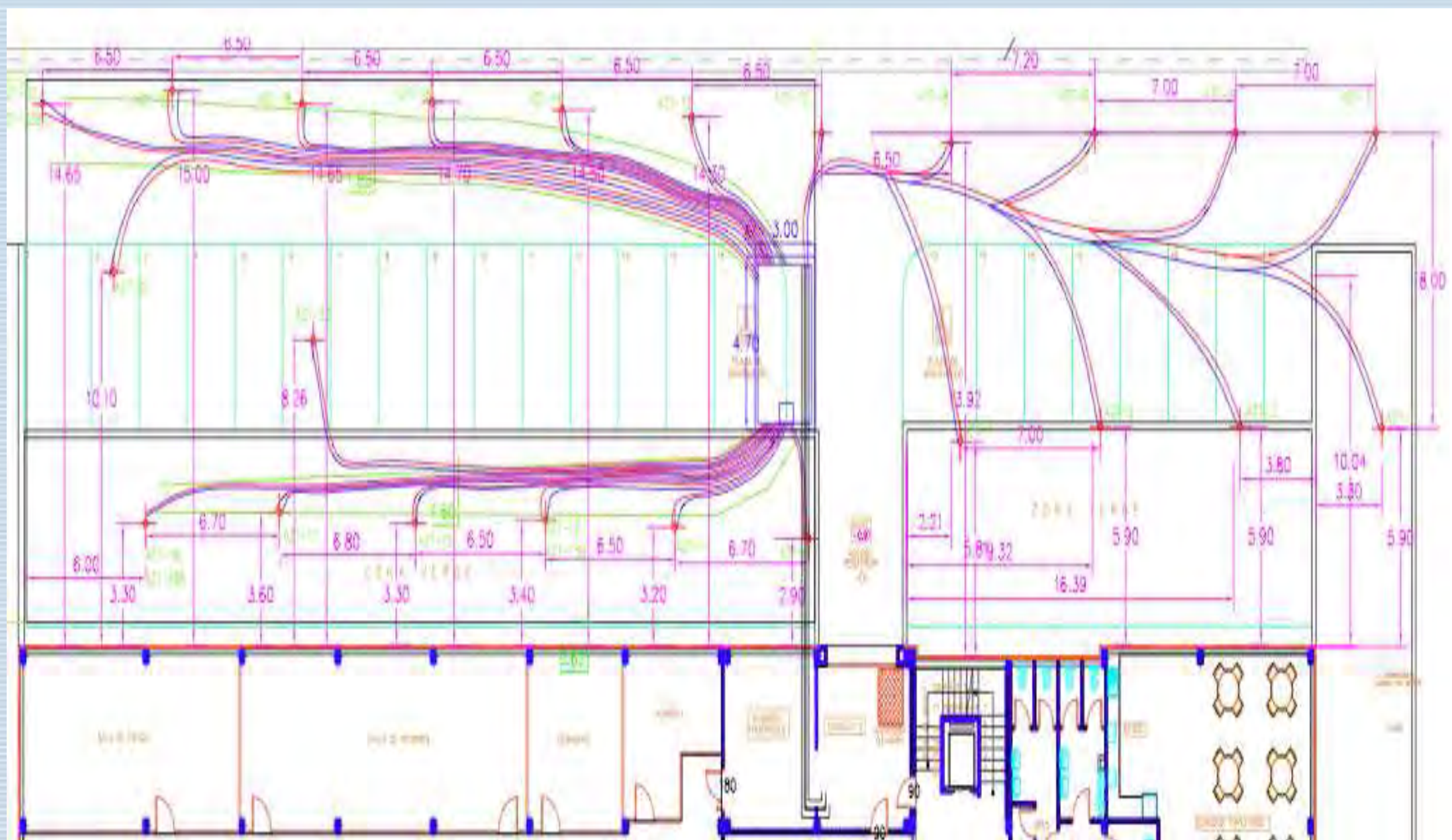
BOMBA DE CALOR





EVE Ente Vasco
de la Energía

DISPOSICIÓN SONDEOS II

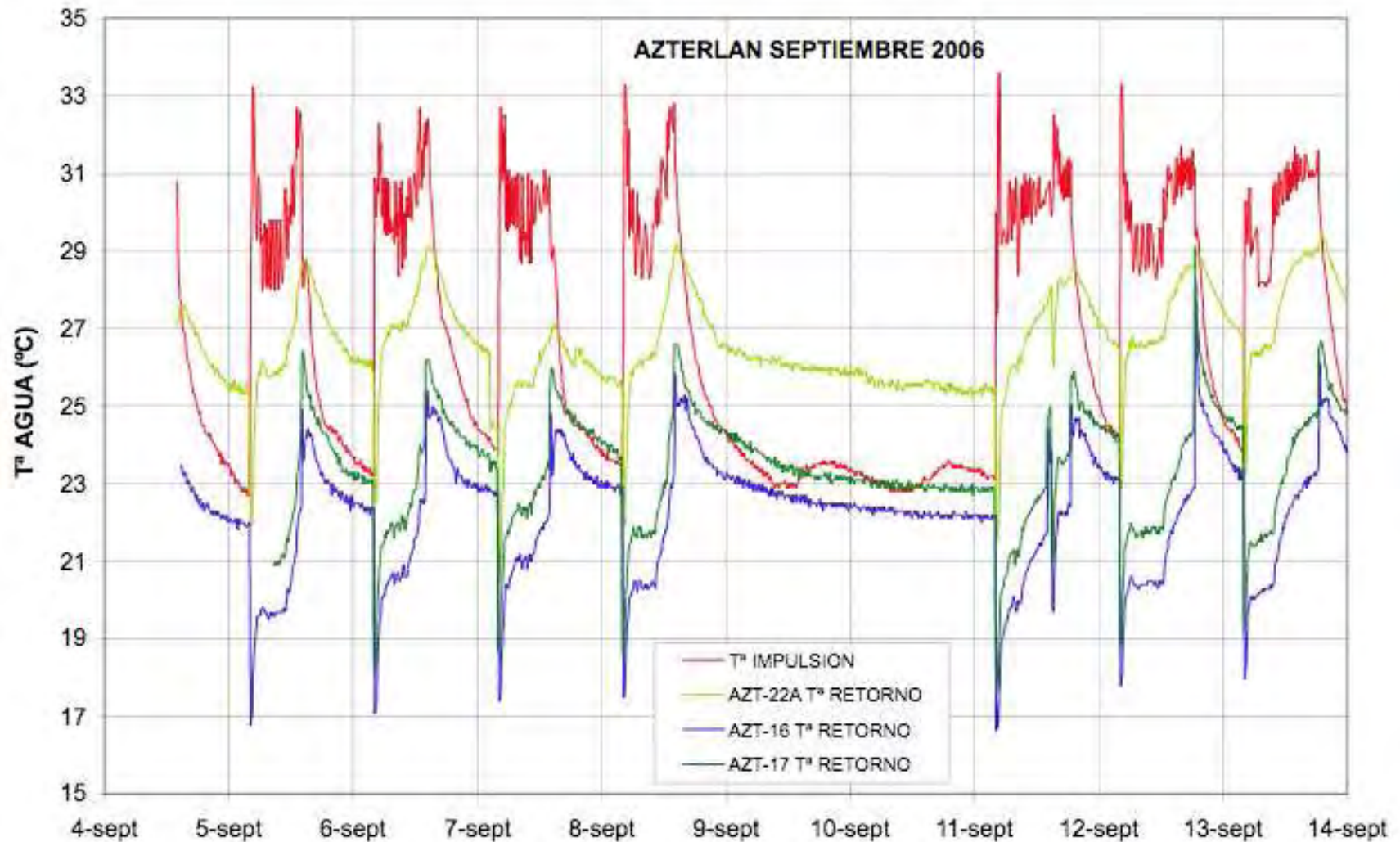


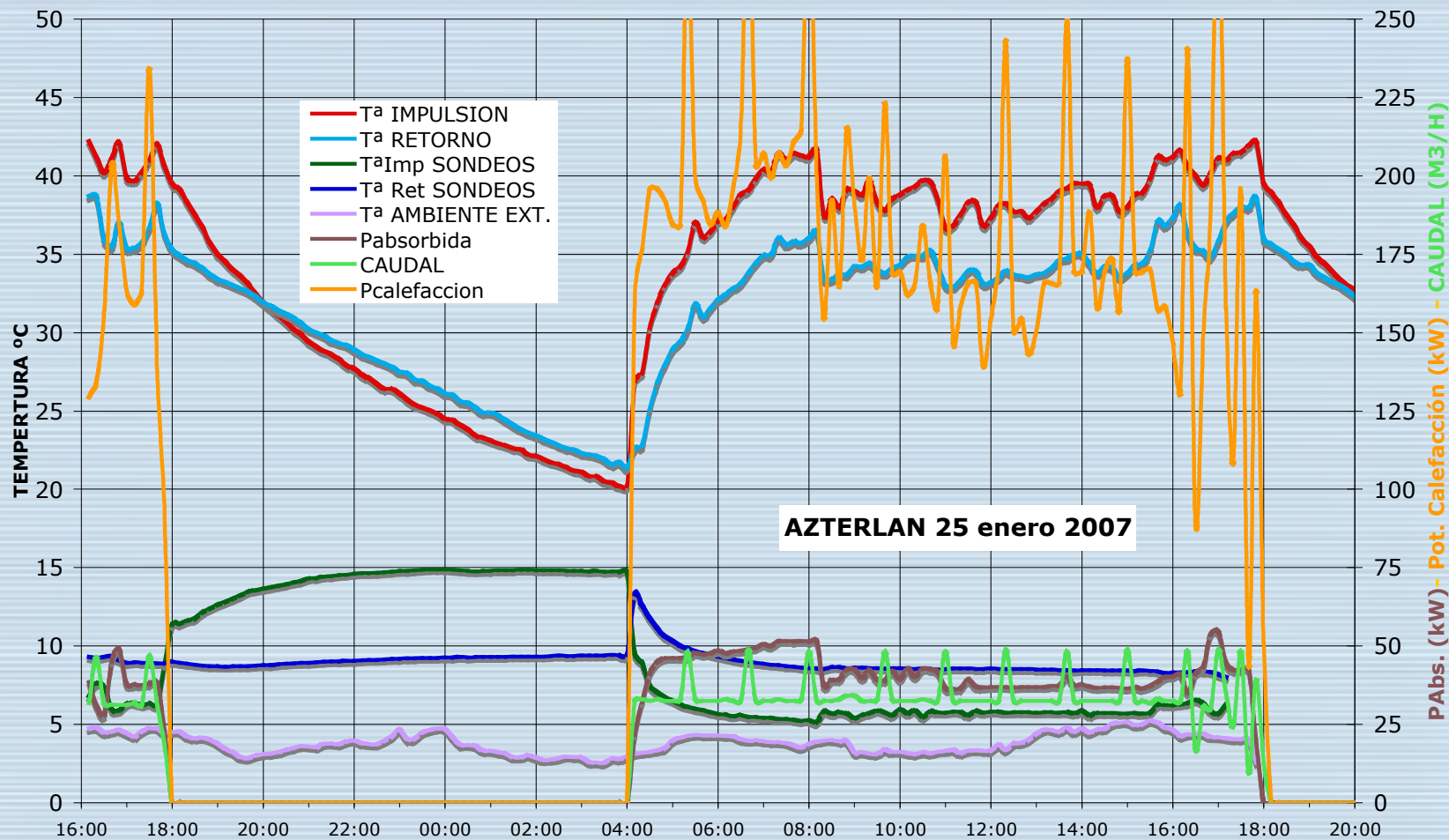


EVE | Ente Vasco
de la Energía

Azterlan estado final





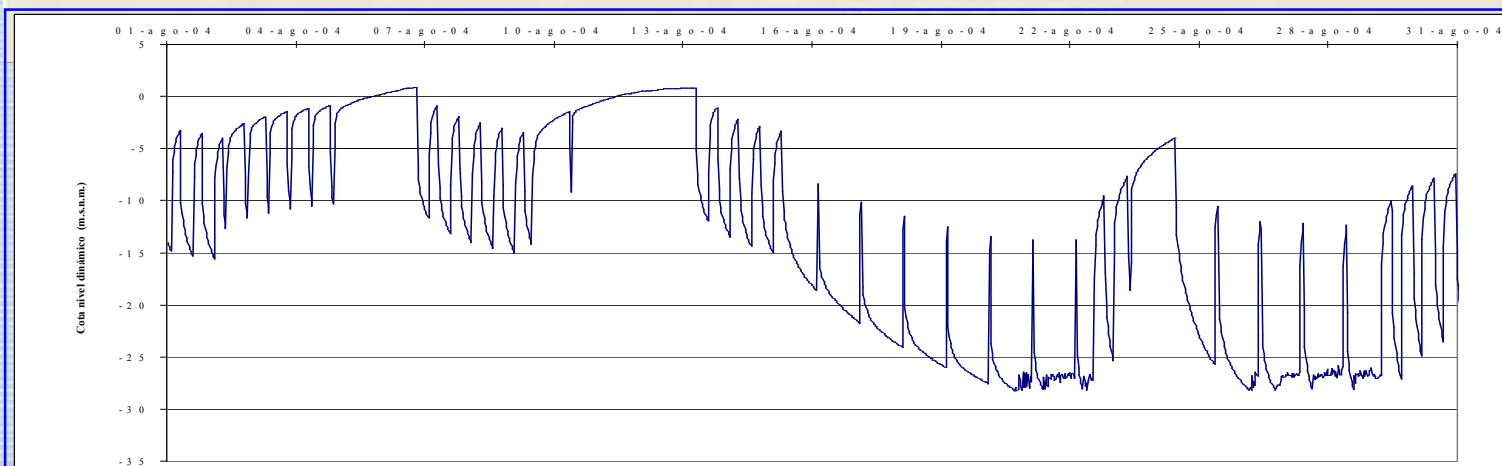
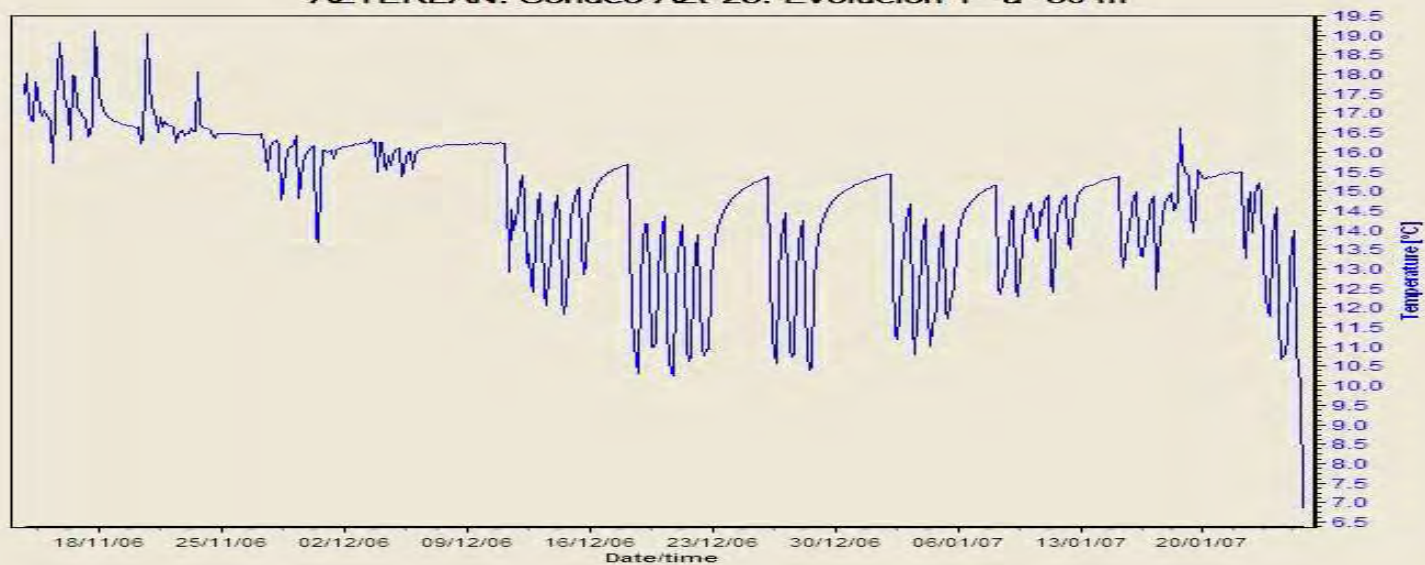


25/01/07. COP: $E_{\text{TERM}}/E_{\text{ABS}} = 2520 \text{ KWh}/587 \text{ KWh} = 4,29$



Evolución T^a en terreno

AZTERLAN. Sondeo Azt-23. Evolución T^a a -80 m





EVE | Ente Vasco
de la Energía

PREGUNTAS

Alquiler de Cuevas

- 6 Cuevas
- 2 Dormitorios
- Cocina
- TV
- Temperatura 18°C

Pies de Sierra Nevada

C/ Generalife, nº 1
Tlf.: 617 78 22 47
Cortes y Graena (Granada)
Apartamentos Turísticos "San Marcos"

**ESKERRIK ASKO
MUCHAS GRACIAS**