



INTERCAMBIO GEOTÉRMICO FUNDAMENTOS Y APLICACIONES.

**JORNADAS SOBRE DESARROLLO DE LA GEOTERMIA EN
CANARIAS. UNA APUESTA SOSTENIBLE**

Julio de 2015

iarrizabalaga@telur.es



Aprovechamiento energía térmica acumulada bajo la superficie del terreno.

- Muy baja temperatura (10-30 °C)
- Precisa una elevada eficiencia para su captación

Origen Energía Geotérmica muy baja temperatura

- ❖ Flujo geotérmico profundo: 60-100 mW/m² (gradiente geotérmico)
- ❖ Radiación solar absorbida (>45% en los 10 m superiores)
- ❖ Flujo agua subterránea. Flujo advectivo

Energía gestionada

- ❖ Energía térmica almacenada en el terreno ($\approx 0,65 \text{ kWh/m}^3/\text{K}$)
- ❖ Cargas disipadas refrigeración
- ❖ Recarga/descarga térmica del terreno

- Presencia universal
- Idónea refrigeración
- Sistema ecológico (EPA 1993)
- Coste mínimo ciclo de vida
- Reduce dependencia exterior
- Ahorro energético, reducción de energía primaria y emisiones
- Calefacción y refrigeración simultáneas
- Sin combustión
- Laminación puntas demanda eléctrica
- Montaje en interior, sin torres, ruido o isla urbana
- No afectado por legionella
- Generación distribuida, por definición
- Sin huella exterior
- No deslocaliza industria
- Integra acumulación energía térmica.

- ✓ Elevado coste de inversión: recuperación 5-15 años
- ✓ Habitualmente precisa bomba de calor
- ✓ Limitación temperatura uso: 55 °C - 65 °C
- ✓ Incremento complejidad instalación
- ✓ Inversión *invisible*
- ✓ Afecciones e interferencias = retrasos en fase de obras
- ✓ Requiere puesta en marcha minuciosa y atención post-venta especializada
- ✓ Desconocimiento, especialmente en nuestro País.

PRINCIPALES PAÍSES



COUNTRY	NUMBER OF INSTALLATIONS	TOTAL POWER (MW)	AVERAGE POWER (kW)	RENEWABLE ENERGY (ktep/y)
SWEDEEN	407.000	4.314	10,6	979
GERMANY	243.978	3.000	12,3	319
FRANCE	162.303	1.785	11,0	233
DENMARK	20.000	160	8,0	40,6
FINLAND	74.187	1.372	18,5	275
AUSTRIA	66.204	740	11,6	75
NEETHERLANDS	35.065	864	24,6	86,9
WHOLE EU27 2011 (1)	1.133.490	13.998	12,3	2.231
SWITERLAND (2)	60.000	1.022	17	-
USA (3)	1.000.000	12.000	12	-
CANADA(4)	55.000	435	7,9	-
CHINA(5)	≈ 350.000	5.200	14,9	-

(1) Fuente: EuroObserver (2013) "The State of Renewable Energies in Europe 2012"

(2) Datos 2008, Rybach L. & Signorelli 2010

(3) Datos 2009, Lund et al 2010

(4) Datos 2008. Thomson A, 2010

(5) Datos 2009. Zheng K. Et al. 2010



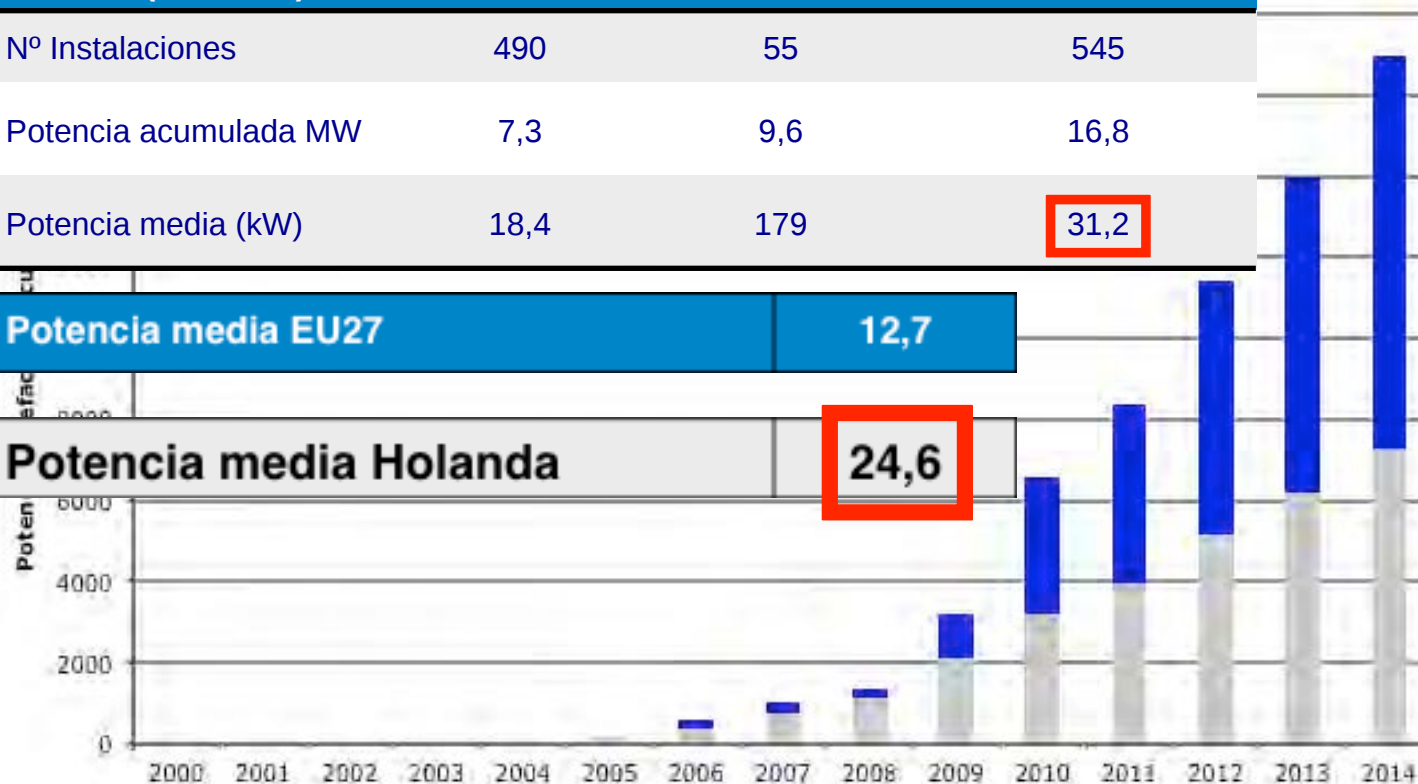
EVOLUCIÓN POTENCIA ACUMULADA PAÍS VASCO

Intercambio geotérmico. Evolución de la potencia instalada en la C.A. Euskadi

Dic 2014 (estimado)	Doméstico	Comercial	Total
Nº Instalaciones	490	55	545
Potencia acumulada MW	7,3	9,6	16,8
Potencia media (kW)	18,4	179	31,2

Potencia media EU27	12,7
---------------------	------

Potencia media Holanda	24,6
------------------------	------



TIPOLOGIAS CIRCUITOS DE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO



1 Circuito abierto

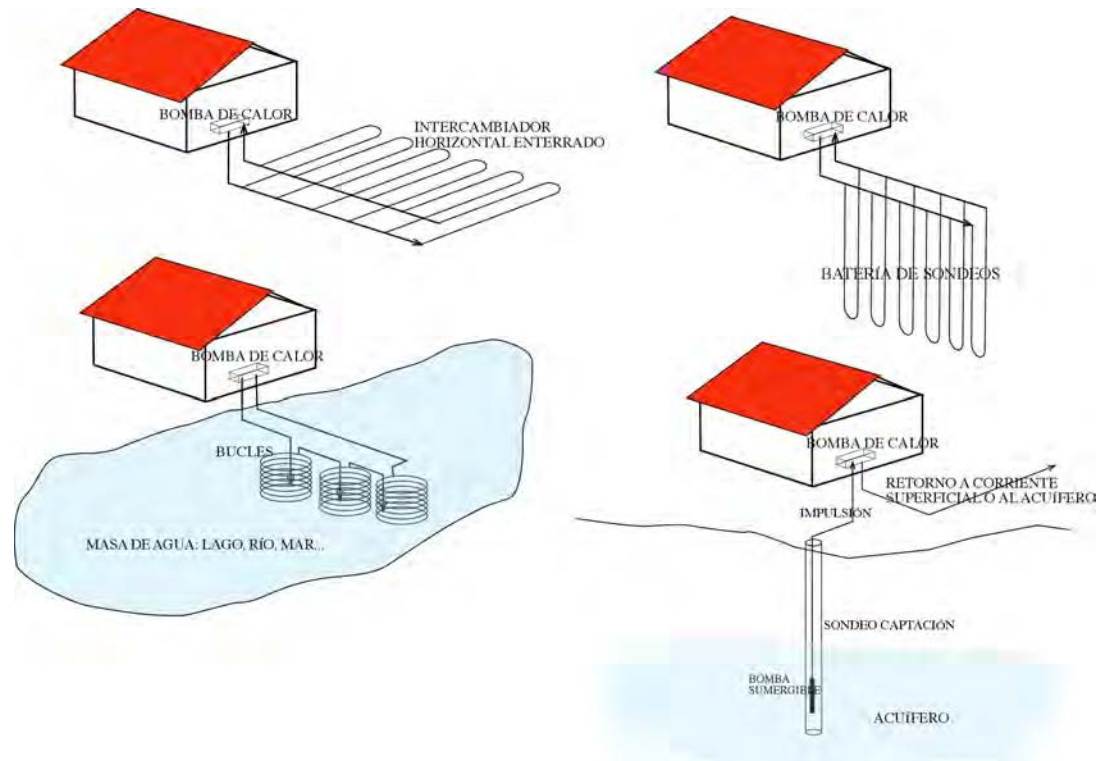
- a. Uso consuntivo térmico
- b. Uso consuntivo en cascada
- c. Uso No consuntivo

Reinyección:

- i. ATES
- ii. NO ATES
- iii. SCW
- d. Otra casuística C.A.
 - i. Aguas de achique
 - ii. Acuíferos costeros y submarinos
 - iii. Captación de agua marina
 - iv.

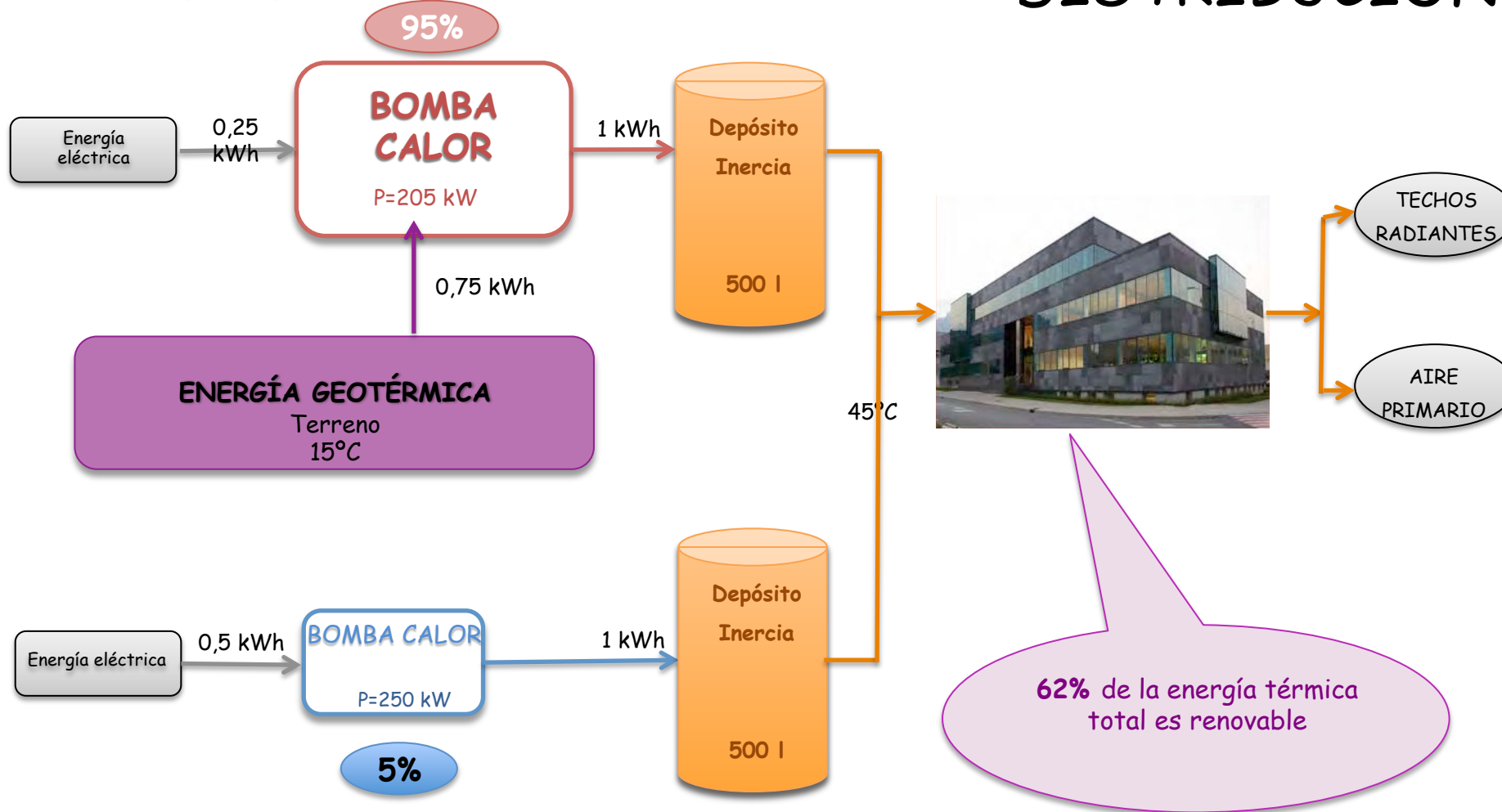
2 Circuito cerrado

- a. Circuito horizontal
- b. Cimentaciones activas
- c. Circuito vertical
- d. Sondeos horizontales dirigidos
- e.



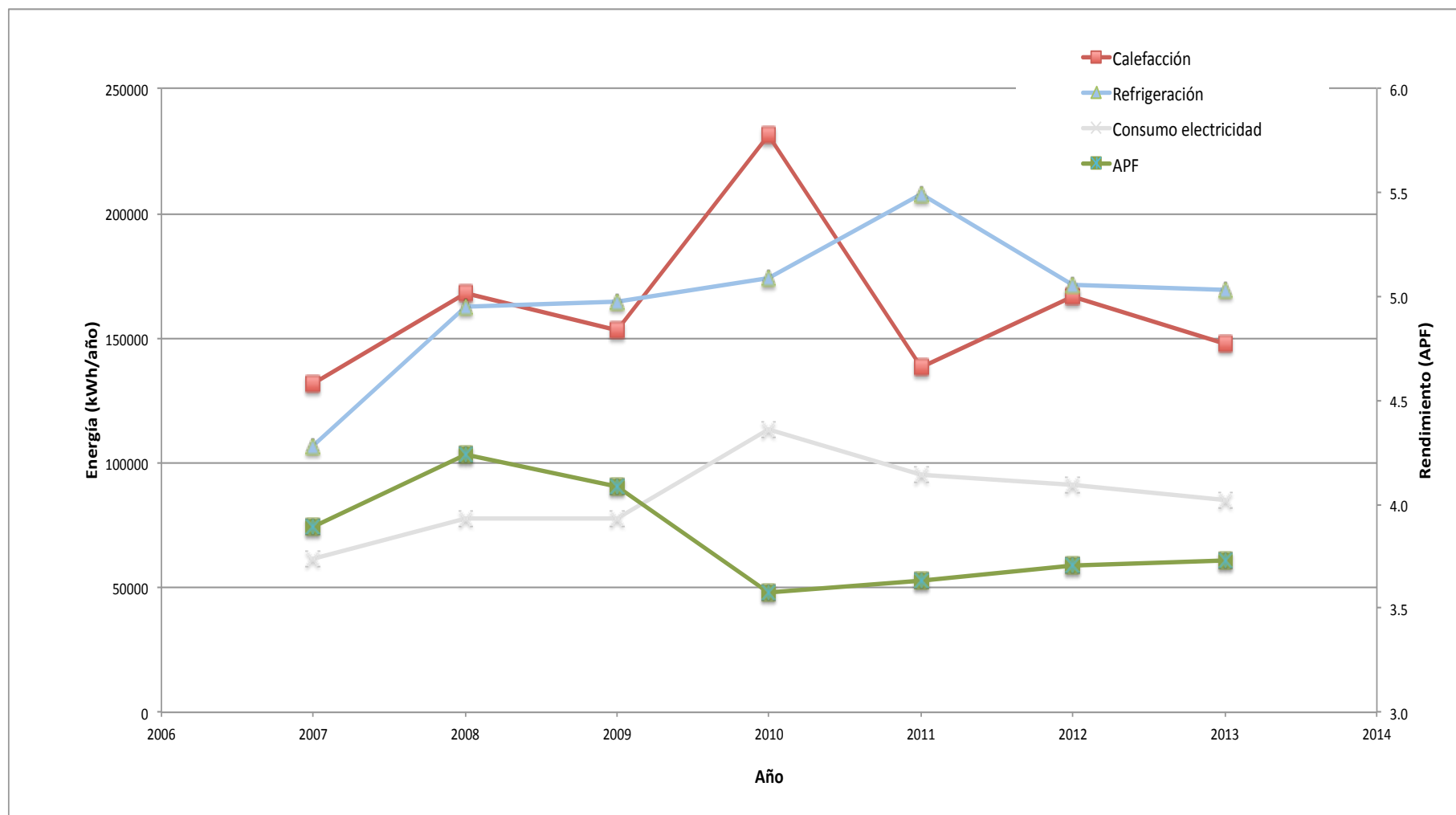
GENERACIÓN

DISTRIBUCIÓN



SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE INTERCAMBIO GEOTÉRMICO PARA EL EDIFICIO DE AZTERLAN		
La climatización del edificio Azterlan se basa en un sistema de intercambio geotérmico con bomba de calor y circuito de intercambio cerrado, vertical. La carga punta del edificio se completa con una bomba de calor convencional (aire-agua), la cuál únicamente funciona durante 80 h/año.	Azterlan eraikinaren klimatizazioak truke geotermikoko sistema baten du oinarria, bero punpa bat eta bero-trukerako zirkuitu bertikal itxi batez osatutakoa. Eraikinaren beharren puntako karga bero punpa konbentzional batez asetzen da (aire-ura), honek urtean zehar 80 ordu inguruko funtzionamendua du	
Circuito de intercambio geotérmico	2.780 m	23 sondeos Bajo aparcamiento anexo al edificio
Serie atravesada	Lutitas negras con pasadas de areniscas del Cretácico inferior	
Superficie total climatizada	3.750 m ²	
Uso	Calefacción y refrigeración	
Sistemas emisores	Techo radiante y aire de ventilación	
Producción mediante sistema bivalente	Sistema intercambio geotérmico	Bomba de calor aire-agua
Pc	205 kW	252 kW
Pr	182 kW	252 kW
Demandas cubiertas	95% 337.753 kWh/año	5% 17.776 kWh/año
Ahorros:	Energía primaria	19 TEP/año (Reducción del 52%)
	Reducción emisiones CO ₂	26 t CO ₂ /año (Reducción del 52%)
	Económico	11.879 €/año (Reducción del 52%)
Sistema monitorizado		

RESULTADOS



RESULTADOS



	Calefacción	Refrigeración	consumo	ASPF
	kWh	kWh	kWh	
2007	131753	106815	61303	3.9
2008	167821	162934	78024	4.2
2009	153,092	164,923	77811	4.1
2010	231,270	174,019	113343	3.6
2011	138,672	207,643	95222	3.6
2012	166,449	171,304	91202	3.7
2013	147,473	169,074	84850	3,7
2014	103.514	177.985	78.155	3,6
Total	1240044	1334697	679910	3.8



POLIDEPORTIVO PORTUGALETE



SISTEMA INTERCAMBIO GEOTÉRMICO

NUEVO POLIDEPORTIVO DE PORTUGALETE PANDO - AISIA



DATOS BÁSICOS



DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN

PROMOTOR: DEMUPORSA (Deportiva Municipal de Portugalete)

MATERIAL GEOLÓGICO: Lutitas calcáreas negras

SUPERFICIE CLIMATIZADA: 8.790 M2

USO

- o Climatizadoras
- o Suelo radiante
- o Producción ACS
- o Vasos piscinas

SISTEMA
TRIVALENTE

- o GEOTÉRMICO: Bomba calor tornillo
- o Calderas gas natural
- o Enfriadoras aire-agua

INTERCAMBIO
GEOTÉRMICO

- o P calefacción: 375 kW 51% carga punta
- o P refrigeración: 357 kW 23% carga punta

- o Circuito 9.250 m = 74 sondeos x 125 m

PUESTA EN MARCHA: Enero 2013

INTERCAMBIADOR GEOTÉRMICO

Sonda simple: PEAD $\varnothing$ 40 PN16 SDR 11

Ensayo TRT

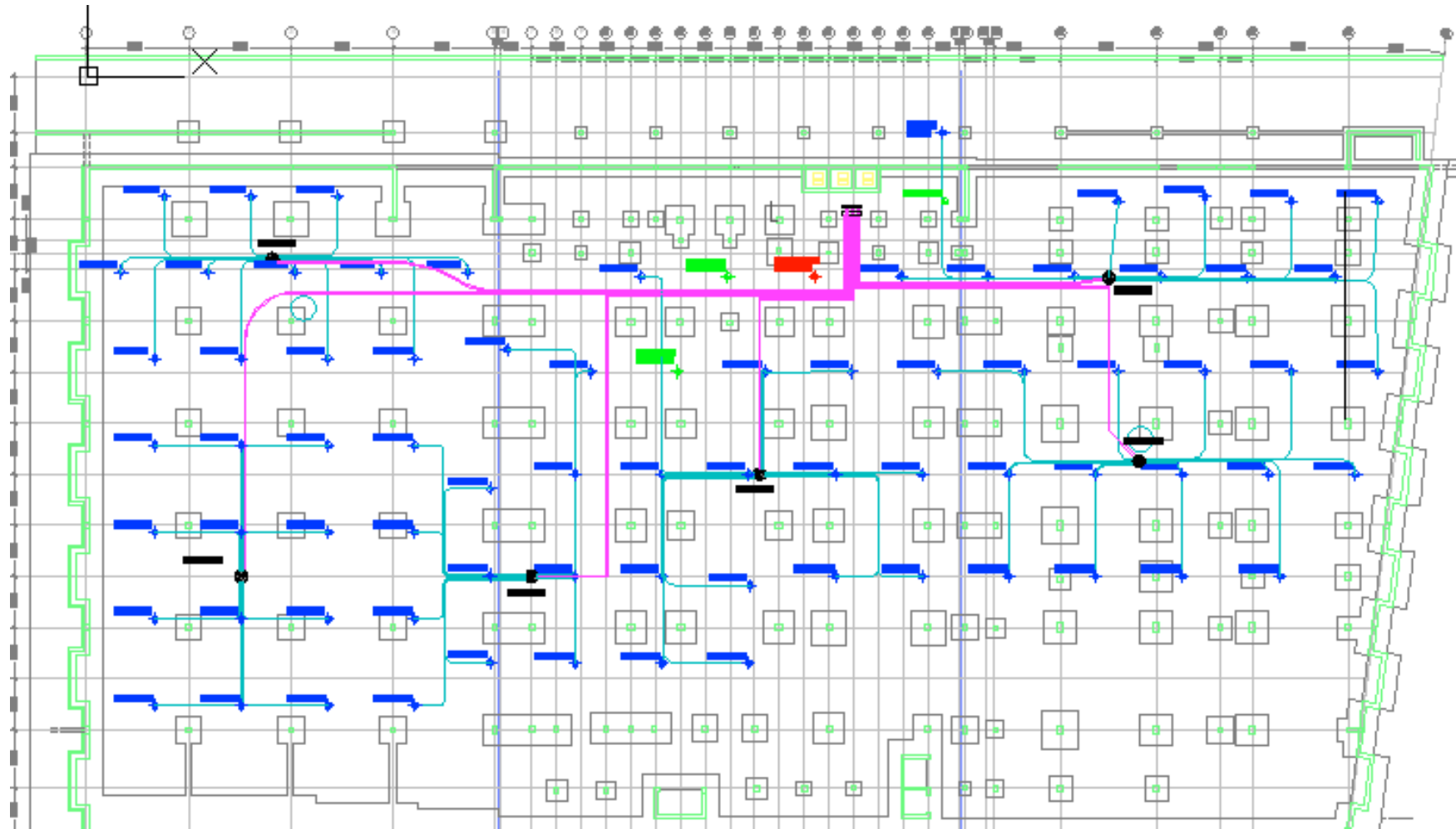
TEMPERATURA
15,4°C

CONDUCTIVIDAD
2,15 W/mK

Fluido caloportador: AGUA
Rango de trabajo: 5°C-35°C
Conductividad relleno > 1,7 W/mK



INTERCAMBIADOR EN HUELLA EDIFICIO



DESARROLLO PERFORACIONES



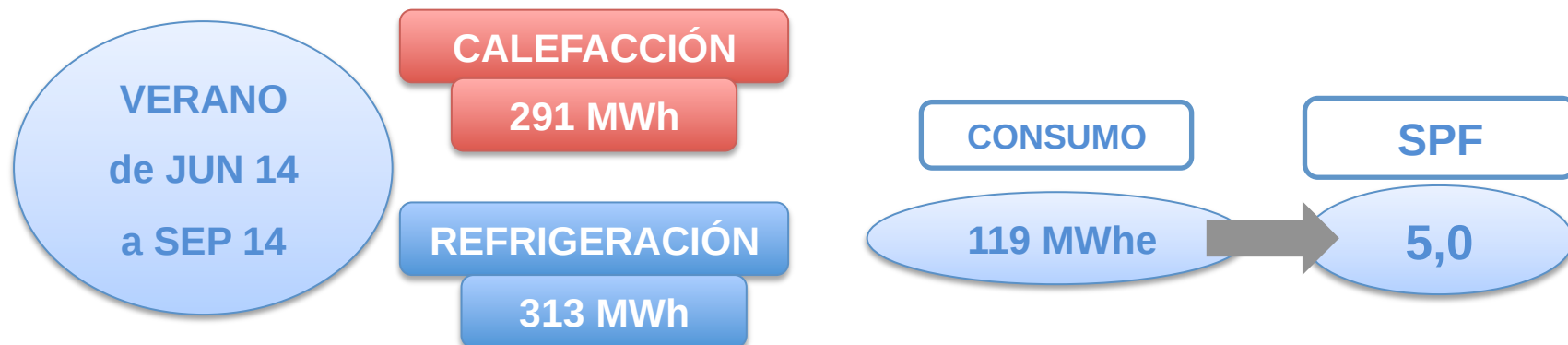
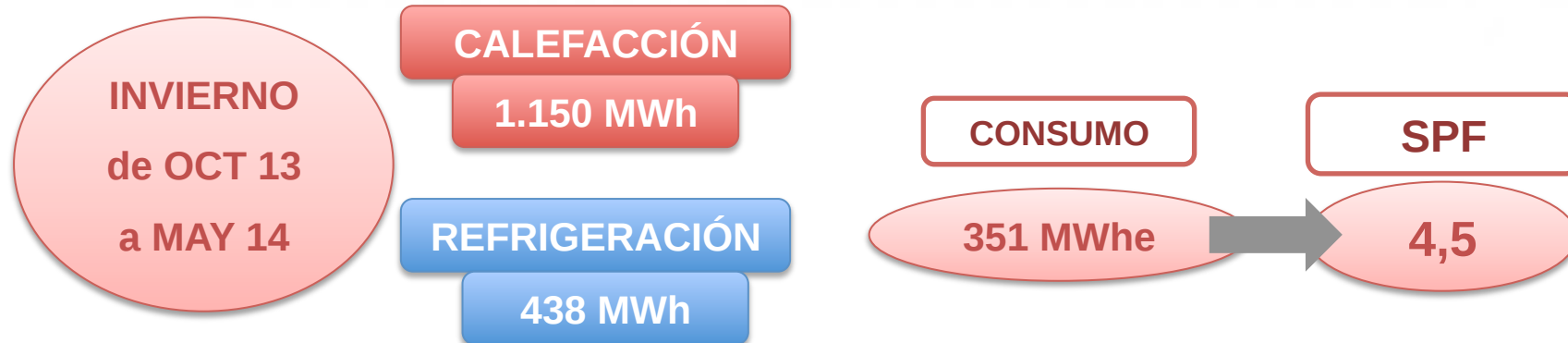
VISTA OBRA



SONDA



DEMANDA ENERGÉTICA



DEMANDA ENERGÉTICA



INVIERNO
de OCT 13
a MAY 14

CALEFACCIÓN

1.150 MWh

REFRIGERACIÓN

CONSUMO

351 MWhe

SPF

4.5

SIMULTANEIDAD 30%

ANUAL

ENERGÍA TOTAL

2.190 MWh

CONSUMO

470 MWhe

SPF

4,7



AHORROS COBERTURA SISTEMA IG

CONVENCIONAL

SISTEMA IG

AHORRO

GN (MWhpcs)

1.880

0

- 1.880

EE (MWe)

280

470

190

COSTE (€)

122.700

42.400

- 80.300

AHORRO ECONÓMICO = 80.300 €/AÑO

- 65%

HEGALAK



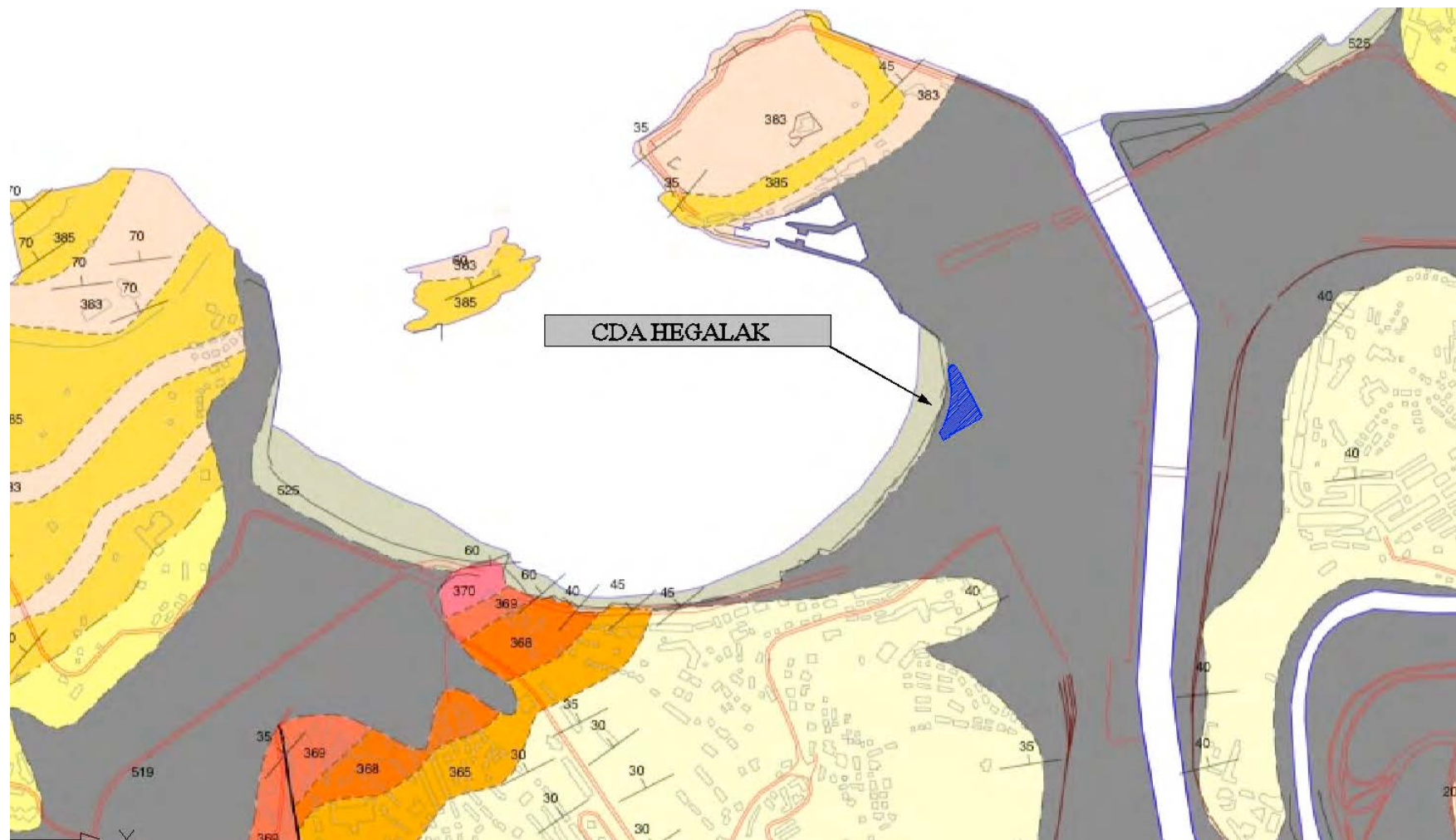
SISTEMA INTERCAMBIO GEOTÉRMICO

CENTRO DE DEPORTE ADAPTADO HEGALAK DONOSTIA - SAN SEBASTIÁN



CARACTERÍSTICAS

Cartografía geológica con la situación del área del proyecto



CARACTERÍSTICAS



- ✓ Solar de 7.650 m²
- ✓ Planta -1 del aparcamiento de la Plaza Cervantes
- ✓ Calentamiento vaso piscina e hidroterapia
- ✓ Carga punta calefacción: 260 kW
- ✓ Carga punta refrigeración: 120 kW
- ✓ Limitaciones urbanísticas:
 - Paseo marítimo de La Concha
 - Entorno urbano de especial protección
 - o Sin equipos o instalaciones exteriores
 - o Minimización salidas de aire/gases

SOLUCIÓN ADOPTADA



SOLUCIÓN ADOPTADA

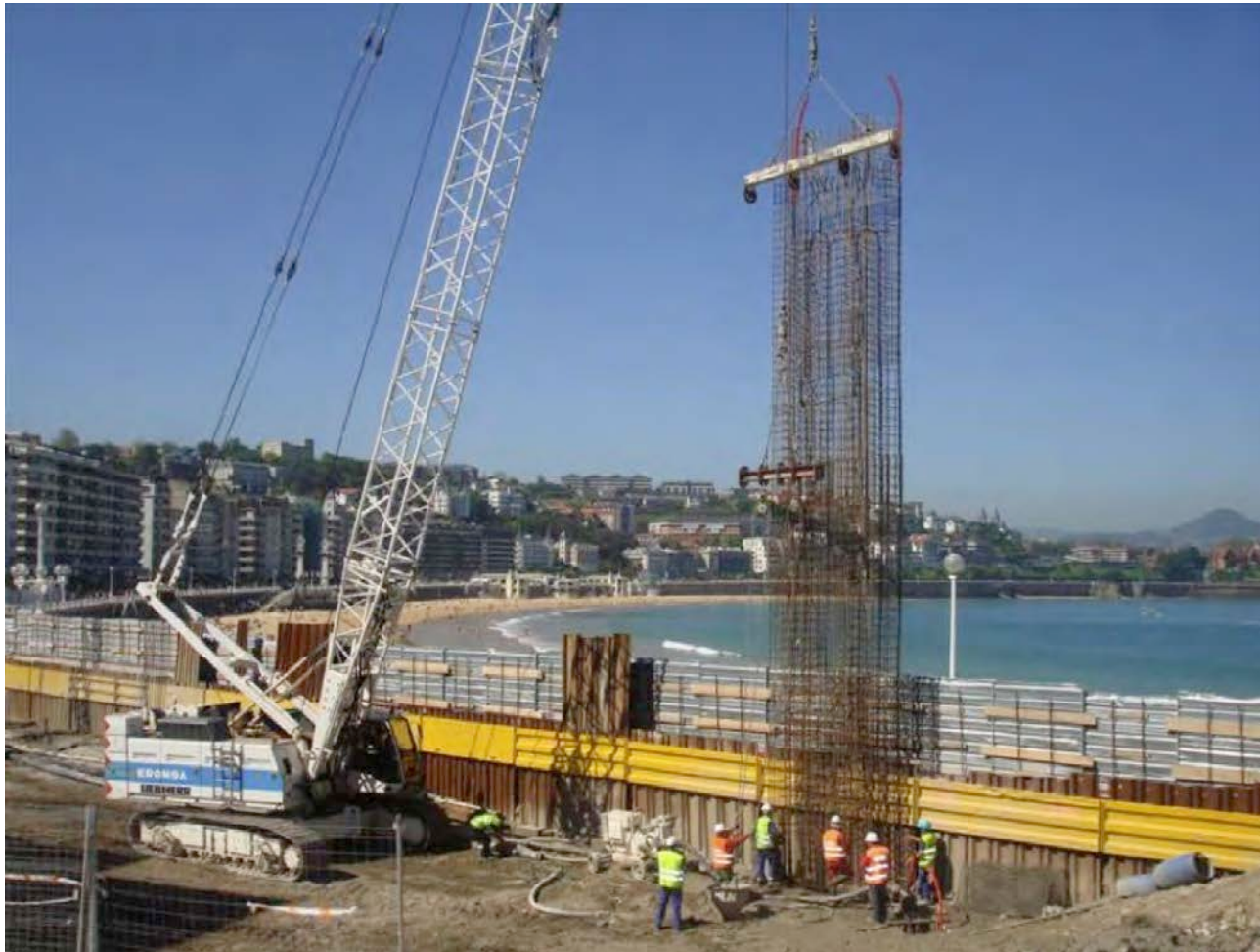


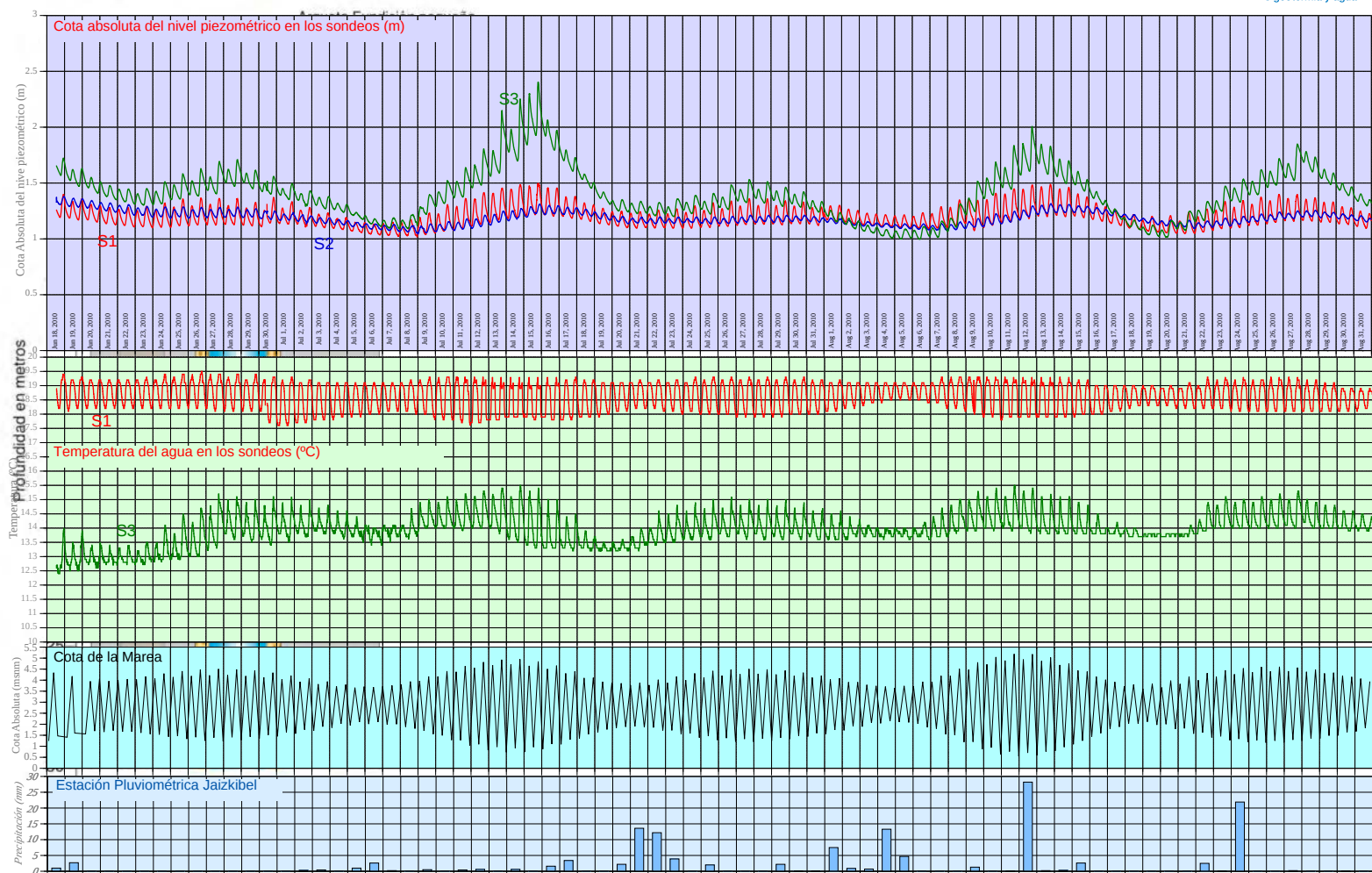
Foto: L.C. Antón

EVOLUCIÓN ACUÍFERO



Piezómetro Tipo
(Parking Plaza Cervantes)
Aparcamiento Plaza Cervantes

Junio-Agosto 2010



REHABILITACIÓN RESIDENCIA VILLALBA



- o Rehabilitación sistema climatización
 - o Alcance: producción frío, calor y ACS
 - o Superficie 3.660 m²
 - o Sótano, baja, primera, segunda y ático

- o Sistema de producción anterior:
 - o 2 Calderas de gasóleo: P total 450 kW
 - o Enfriadora aire-agua: P= 150 kW (R22 a sustituir)

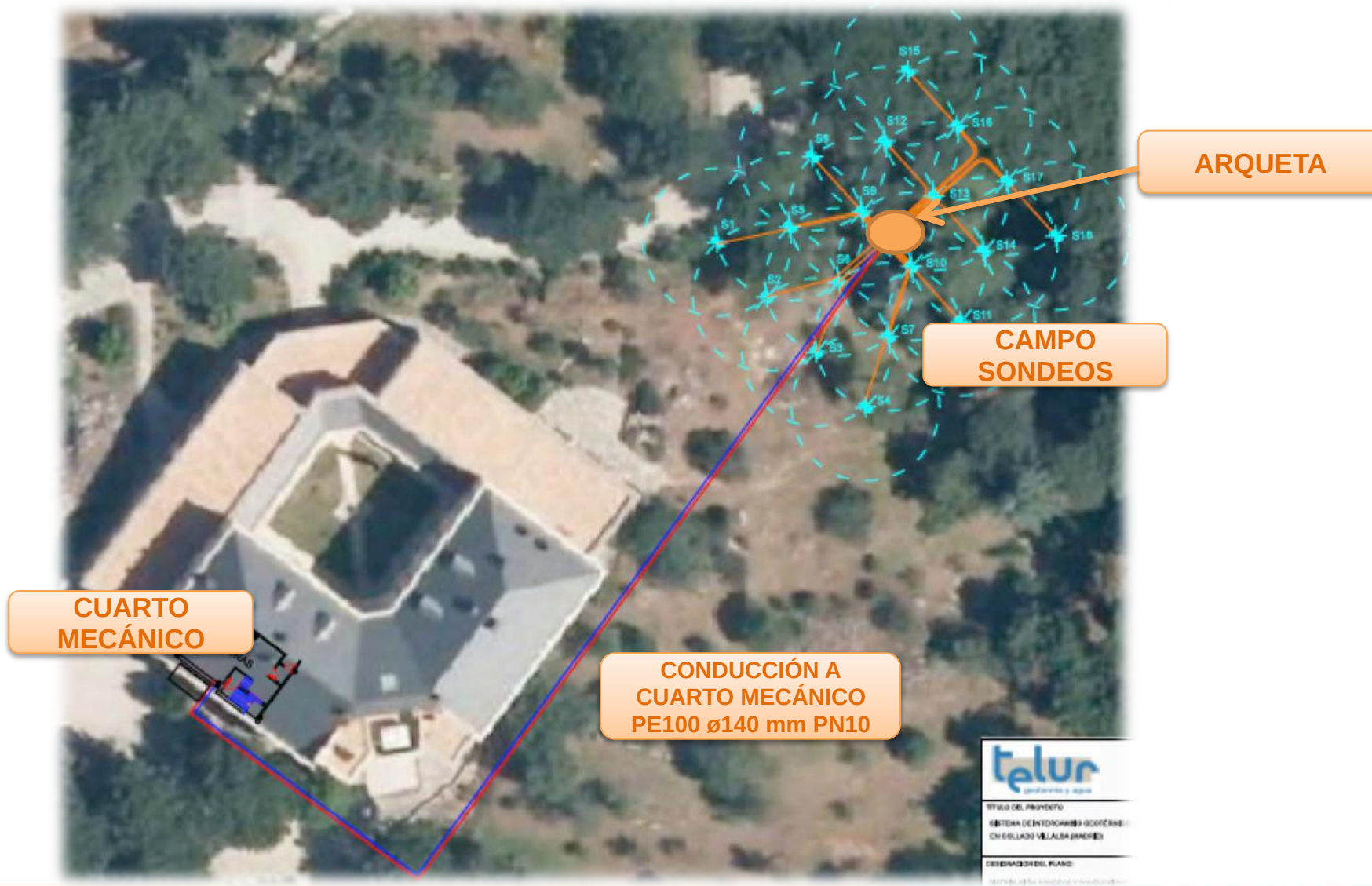
- o **Emisores:**
 - o **Frío: fan-coils**
 - o **Calor: RADIADORES**



Estado sala calderas previo a la actuación



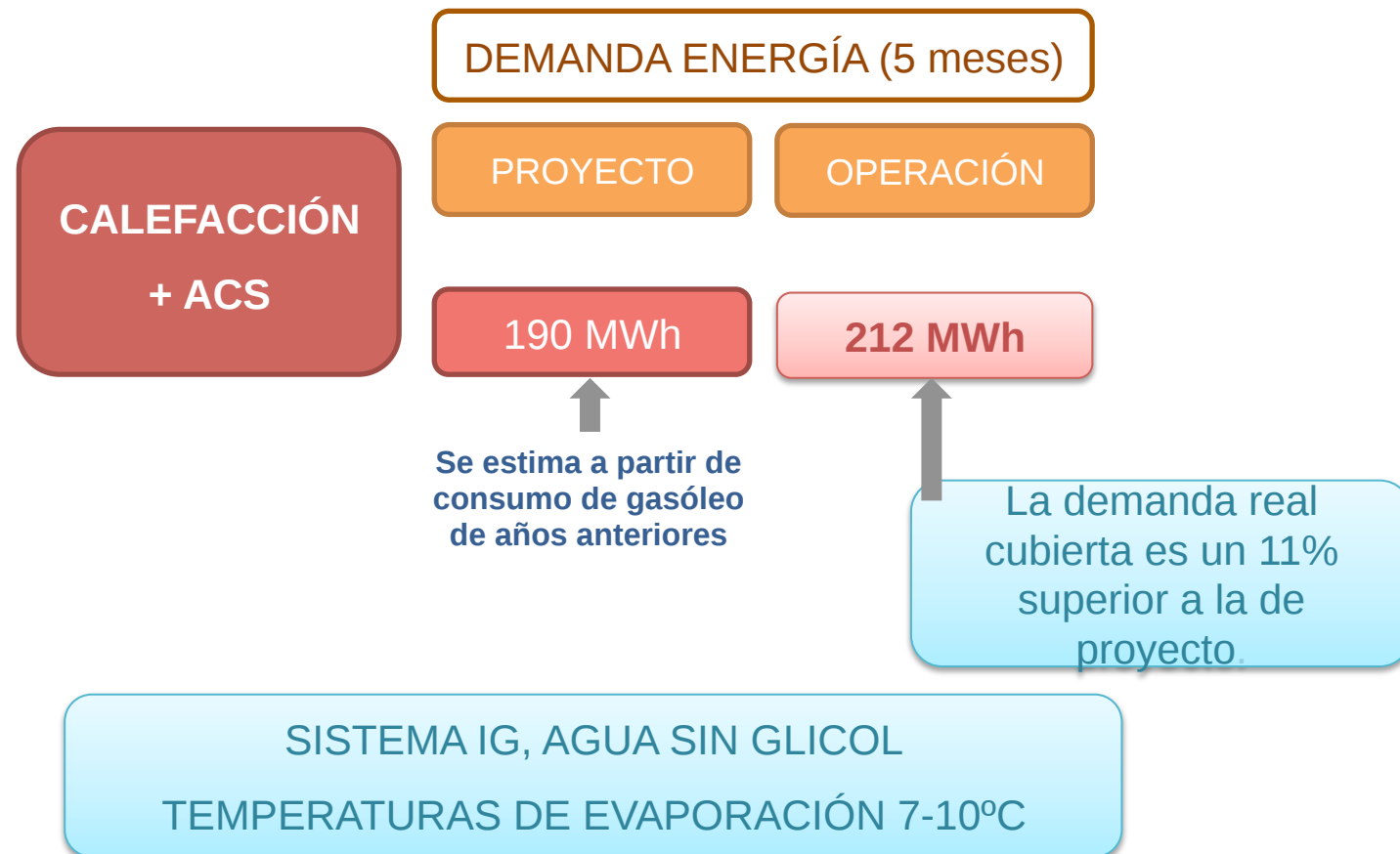
CIRCUITO INTERCAMBIO GEOTÉRMICO



FUNCIONAMIENTO INVIERNO 2015



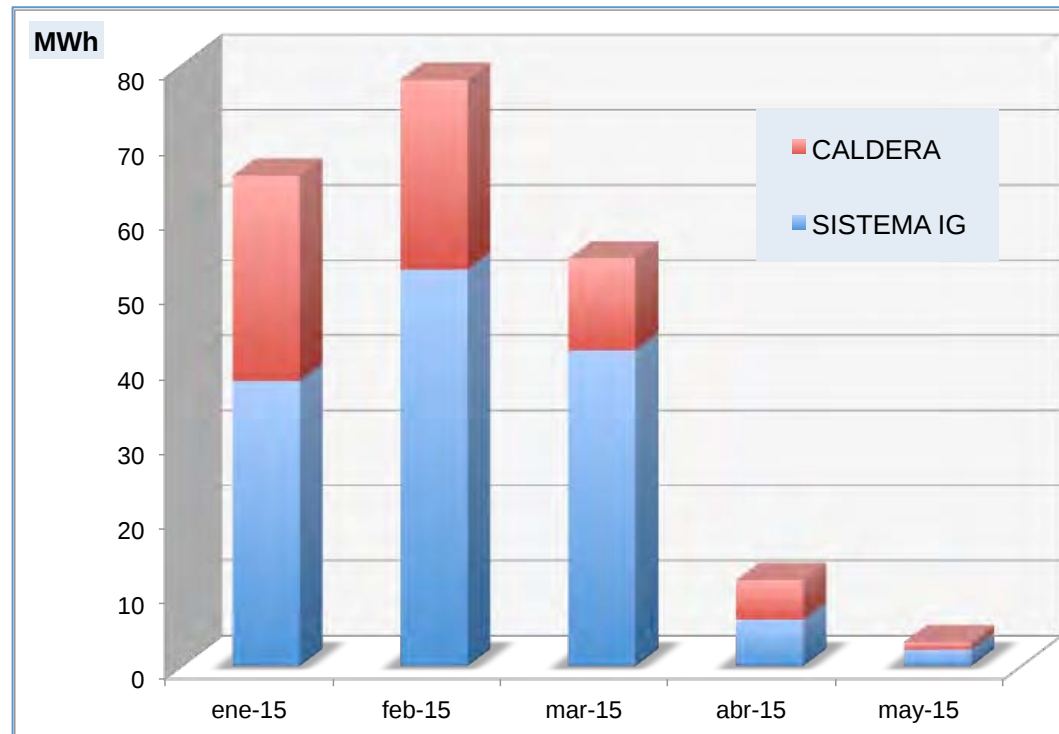
Enero, febrero, marzo, abril, mayo 2015



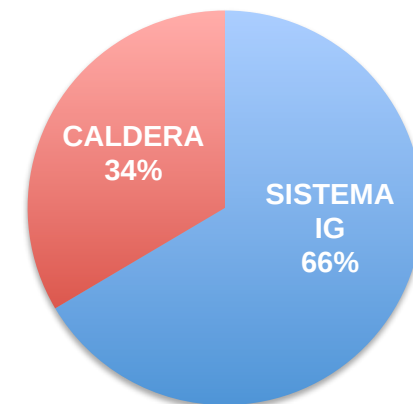
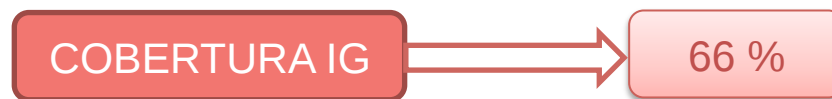
FUNCIONAMIENTO INVIERNO 2015



COBERTURA SISTEMA INTERCAMBIO GEOTÉRMICO



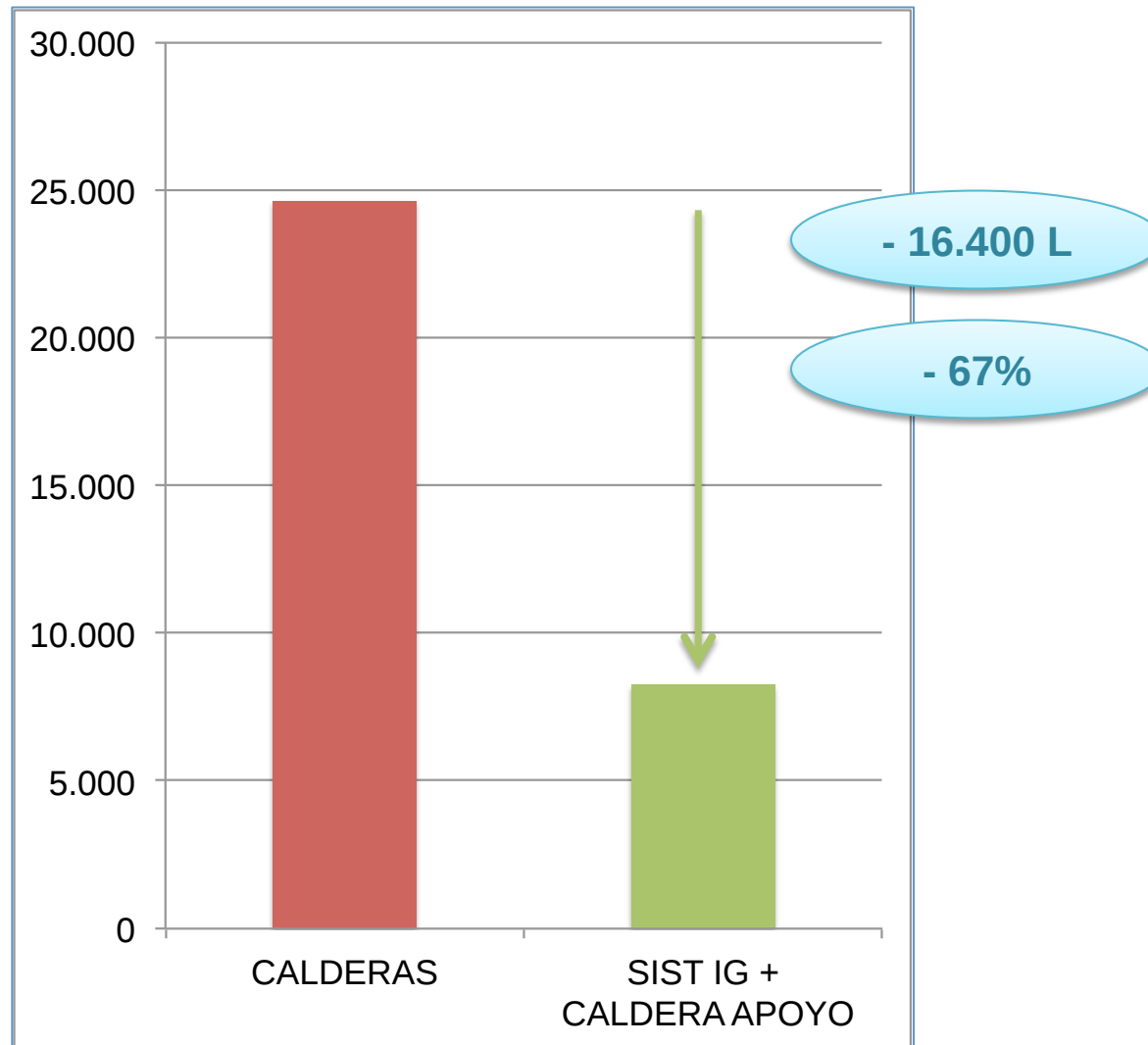
CALEFACCIÓN + ACS		
GEOTERMIA	CALDERA	TOTAL
kWht	kWht	kWht
37.946	27.325	65.271
52.770	25.309	78.079
42.040	12.220	54.260
6.172	5.261	11.433
2.160	992	3.152
141.088	71.107	212.195
66%	34%	



AHORRO GASÓLEO



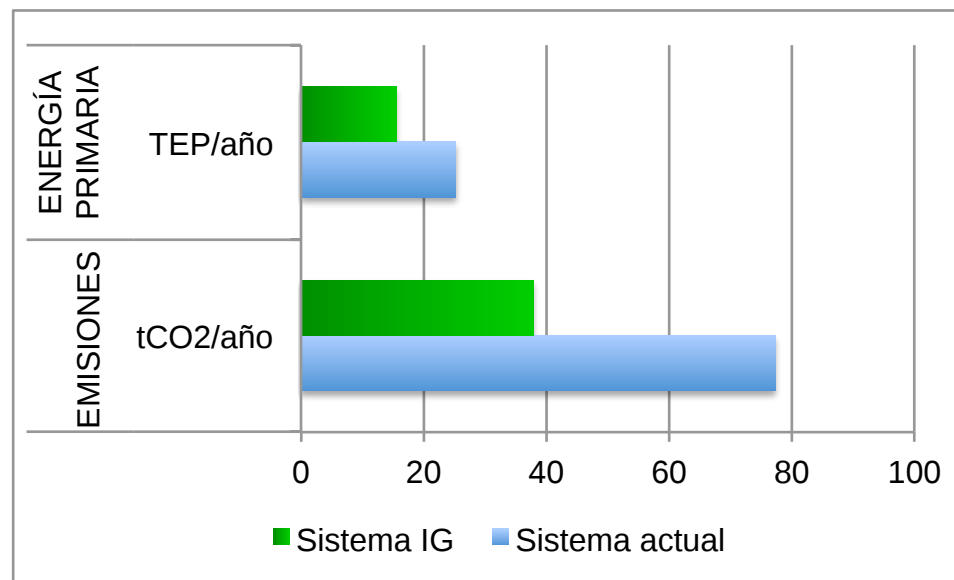
LITROS



AHORRO ENERGÍA PRIMARIA Y EMISIONES



	EMISIONES tCO ₂ /año	ENERGÍA PRIMARIA TEP/año
SITUACIÓN INICIAL	77	25
SISTEMA IG	38	16
AHORRO	39 51%	10 39%



VIABILIDAD ECONÓMICA

Inversión (€)	225.000
---------------	---------

Costes evitados (Enfriadora nueva) (€)	40.000
--	--------

Inversión reducida (€)	185.000
------------------------	---------

Ahorro anual	20.000
--------------	--------

Pay-back (años)	9,3
------------------------	------------

TIR (10 años)	9,2%
----------------------	-------------

OPEN LOOP GSHP IN VALENCIA



	COBERTURA SISTEMA IG	
	Refrigeración (kWht)	Calefacción (kWht)
Enero	5.128	148.845
Febrero	7.157	123.403
Marzo	9.100	81.637
Abril	19.825	43.119
Mayo	57.510	17.344
Junio	144.811	11.275
Julio	233.202	8.913
Agosto	245.581	8.480
Septiembre	177.993	8.887
Octubre	81.570	14.735
Noviembre	13.023	61.203
Diciembre	10.942	143.536
Cobertura sistema IG	1.005.843	671.376
Demanda total	2.640.457	716.046
	38%	94%

Tabla 3. Demanda energética y cobertura geotermia

	Potencia Calefacción (kW)	Potencia Refrigeración (kW)
Caldera 1	270	---
Caldera 2	270	---
Enfriadora agua-agua 1	---	671
Enfriadora agua-agua 2	---	671
Enfriadora agua-agua 3	---	671
Enfriadora conectada a IG	465	387 (21%)
Potencia instalada	1005	2.400

- ✓ New warehouse in Alfafar, Valencia
- ✓ 38.000 m² climatized surface
- ✓ Strong mediterranean climatic conditions
- ✓ Water stressed area
- ✓ HVAC mix
 - GSHP Opel Loop
 - 3 Chiller wh/ adiabatic condensers
 - 3 x 100 m³ ice production tanks
 - 2 NG Burners



OPEN LOOP GSHP IN VALENCIA

	VOLUMEN CAPTADO (m ³)		
	Refrigeración (m ³)	Calefacción (m ³)	Total (m ³)
Enero	1.159	21.935	23.095
Febrero	1.619	18.185	19.804
Marzo	2.058	12.031	14.089
Abril	4.485	6.355	10.839
Mayo	13.009	2.556	15.565
Junio	32.756	1.662	34.418
Julio	52.748	1.313	54.062
Agosto	55.549	1.250	56.799
Septiembre	40.261	1.310	41.571
Octubre	18.450	2.171	20.622
Noviembre	2.946	9.019	11.965
Diciembre	2.475	21.153	23.628
Cobertura sistema IG	227.515	98.941	326.456

Tabla 4. Volumen captado

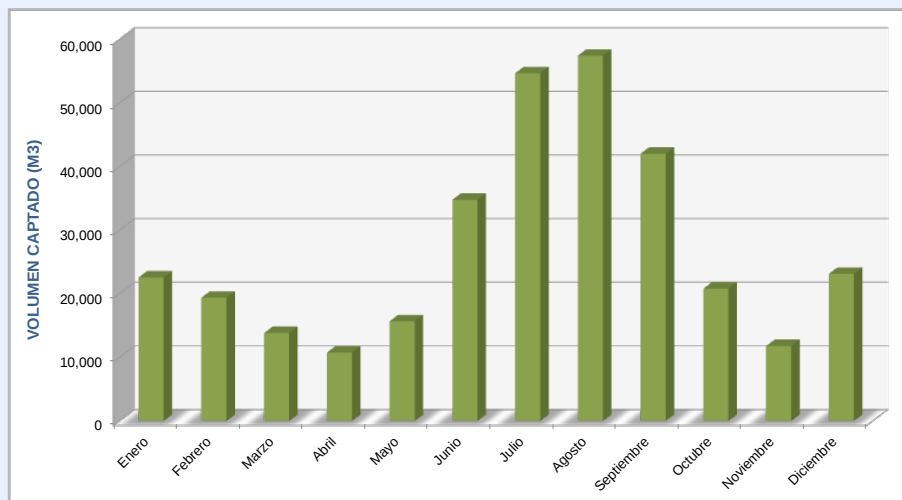
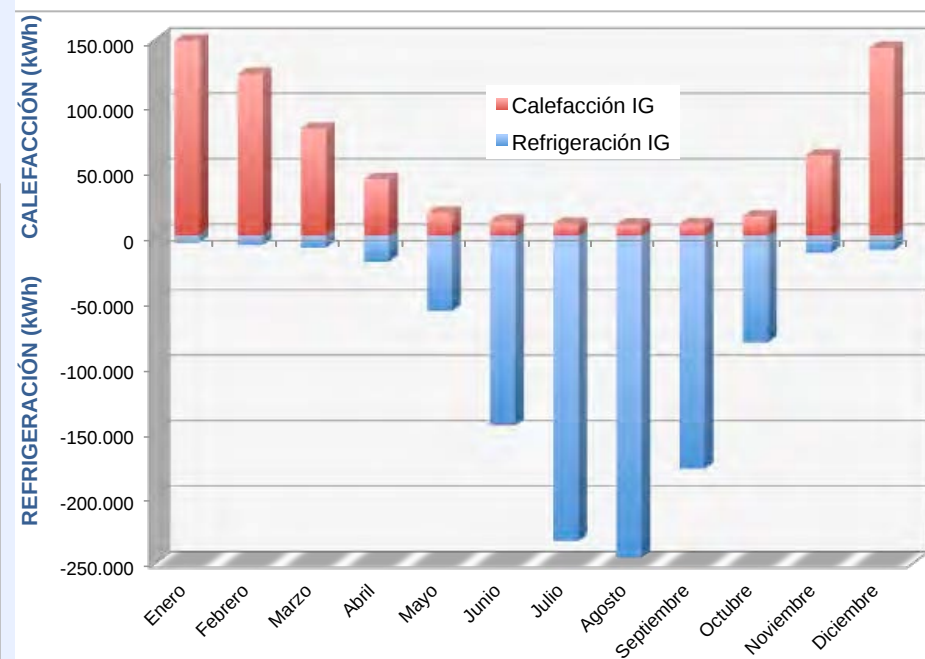
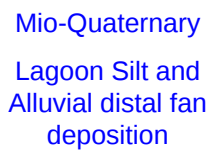


Figura 2 Volumen mensual captado



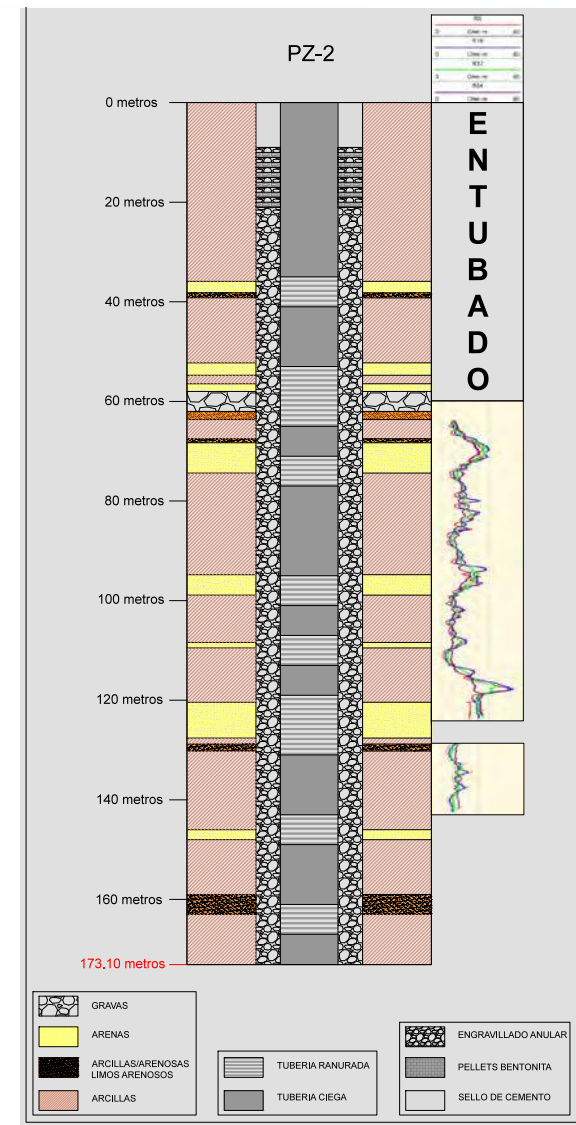
telun

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



Project Site

PZ-2 EXPLORATION DRILLHOLE



PZ-2 EXPLORATION DRILLHOLE



P-2 WELL DRILLING WORKS

P-2 Drill Site. Reverse Rotary Rig

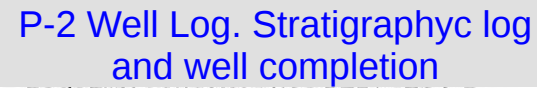


P-2 WELL DRILLING WORKS



P-2 Drill Site. Reverse Rotary
Drill String



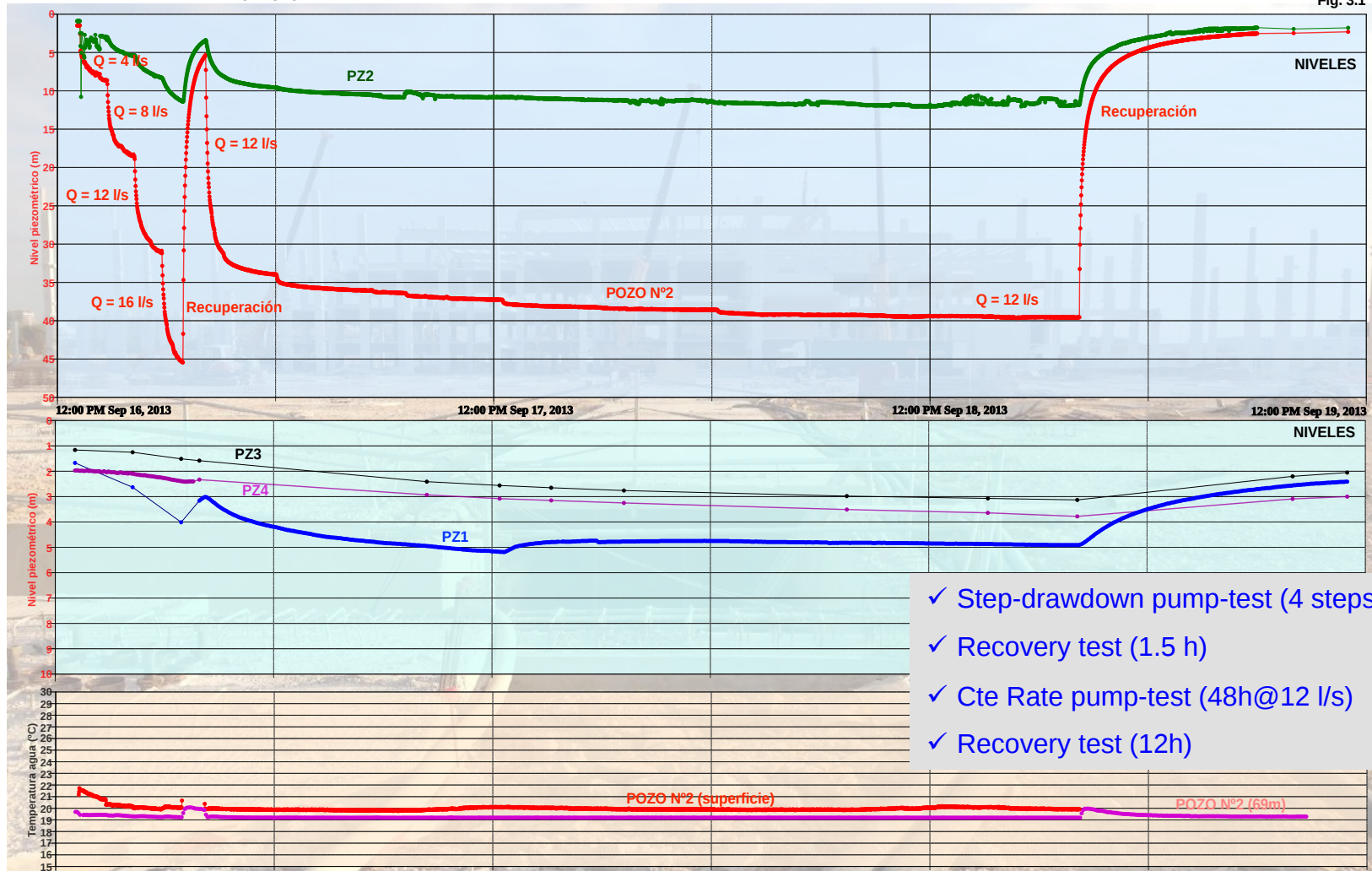


P-2 Pumping test

PRUEBA DE PRODUCCIÓN EN EL POZO P-2 (ALFAFAR, VALENCIA) 16-19 de Septiembre 2013

PROYECTO T244

Fig. 3.1



- ✓ Step-drawdown pump-test (4 steps- 6h)
- ✓ Recovery test (1.5 h)
- ✓ Cte Rate pump-test (48h@12 l/s)
- ✓ Recovery test (12h)

PRODUCTION TEST P-2+P-3+P4



ENSAYO DE BOMBEO CONJUNTO EN LOS POZOS P-2, P-3 Y P-4 (PROYECTO T244)
6-9 de Noviembre 2013

Collective pump-test
Total flow rate. 26 l/s
Duration: 48 h
Max. drawdown.: P-4 25 m



PRODUCTION TEST P-2+P-3+P4

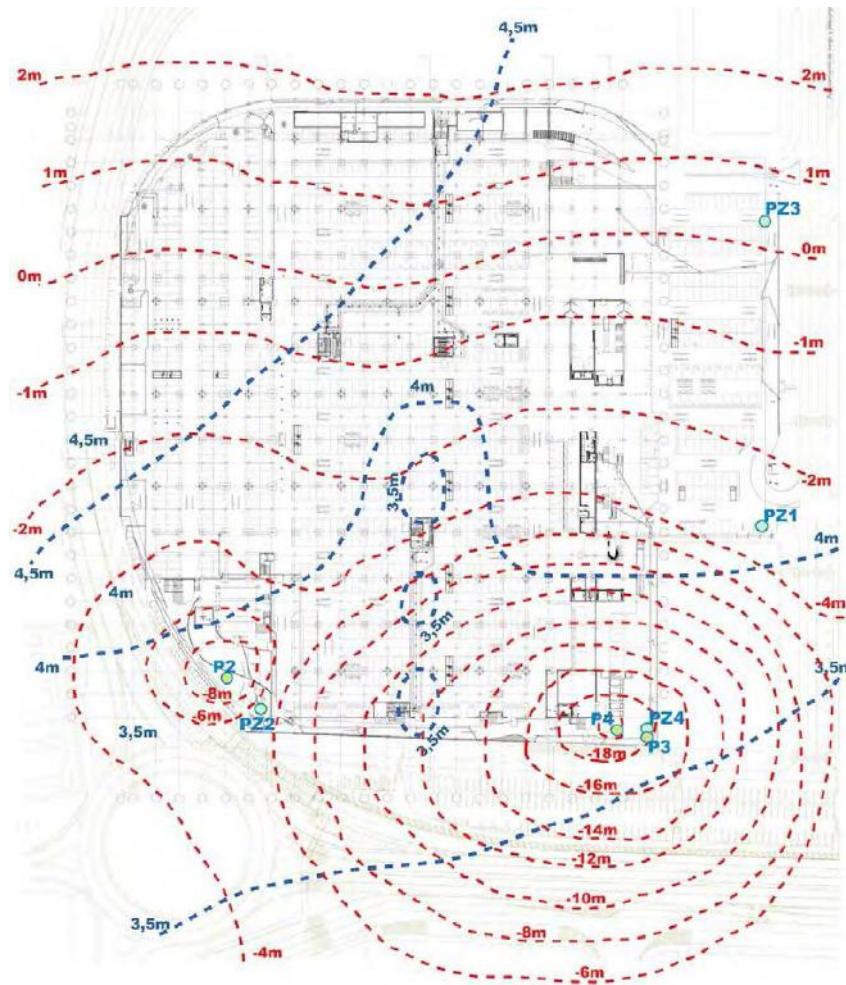


Fig 2.4.- Isopiezas iniciales (en azul) y finales (en rojo) en el Bombeo Conjunto de los pozos P-2, P-3 y P-4

CONSIDERACIONES FINALES



- ✓ Los sistemas de IG, bien ejecutados y correctamente operados, continúan siendo, 20 años después del estudio de la EPA, la tecnología de climatización de edificios, y de producción de agua caliente, mas ecológica y menos contaminante;
- ✓ Las experiencias realizadas en nuestro entorno confirman sus rendimientos siempre y cuando los sistemas sean diseñados, ejecutados y operados con el elevado rigor que requieren. La baja calidad de las instalaciones es la principal amenaza de esta tecnología.
- ✓ Son especialmente recomendables en la rehabilitación de instalaciones térmicas de producción donde las demandas son conocidos
- ✓ Idóneos para hibridar con biomasa y/o solar térmica
- ✓ Existen soluciones tipo ESE que permiten asegurar el funcionamiento de la instalación, involucrando al ejecutor, con buenas condiciones de financiación.





Muchas gracias

GP/Aliendalde Auzunea, 6
48200 Durango · Bizkaia
T: 94 6818916
www.telur.es