



Jornadas de Sensibilización y Difusión sobre Geotermia

CASOS PRÁCTICOS DE APLICACIÓN DE APROVECHAMIENTOS GEOTÉRMICOS

Juan Rodríguez
Ingeniero de Minas
Responsable del Área de Edificación de EnergyLab
Septiembre 2012



Índice

- 1 **Introducción**
- 2 **Resultados obtenidos**
- 3 **Conclusiones**

1 Introducción



Plan Demostrativo de la BCG en Galicia

Escuela Infantil
Baiona

Escuela Infantil
Nigrán

Biblioteca
Central UVIGO

Centro de día
As Neves

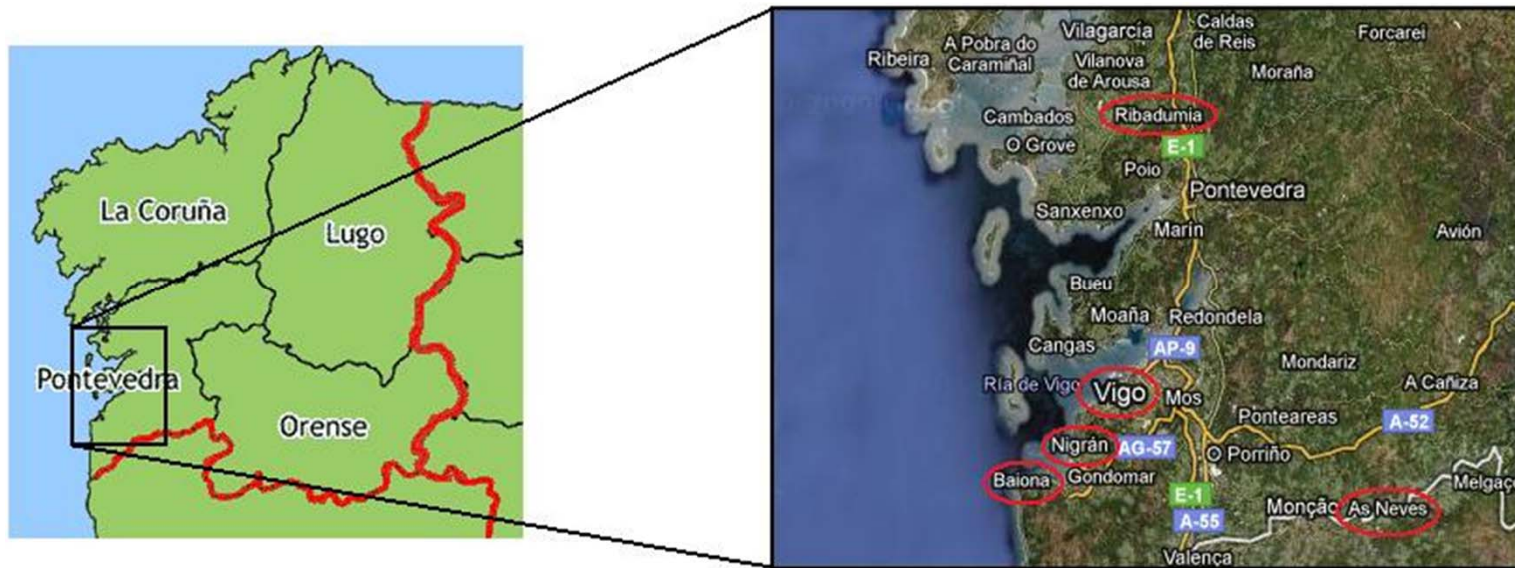
Edificio Viviendas
Ribadumia

EDIFICIOS PÚBLICOS

CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Edificios públicos representativos.
- Terreno disponible suficiente para la captación geotérmica y superficie de sala técnica suficiente para albergar el sistema de BCG.
- Libre acceso para operación de la maquinaria necesaria.
- Sistemas terminales de climatización que permitan los mayores rendimientos de la bomba de calor geotérmica: suelo radiante, fancoils,...
- Unos niveles mínimos de aislamiento que permitan minimizar la demanda térmica del edificio.
- Instalaciones no más antiguas de 10 años.

1 Introducción



- Este proyecto demostrativo pretende extender la tecnología a toda Galicia, estimando que los ahorros que se obtendrían si se instalasen bombas de calor geotérmicas en todas las escuelas infantiles, centros de salud y bibliotecas públicas de Galicia, serían:

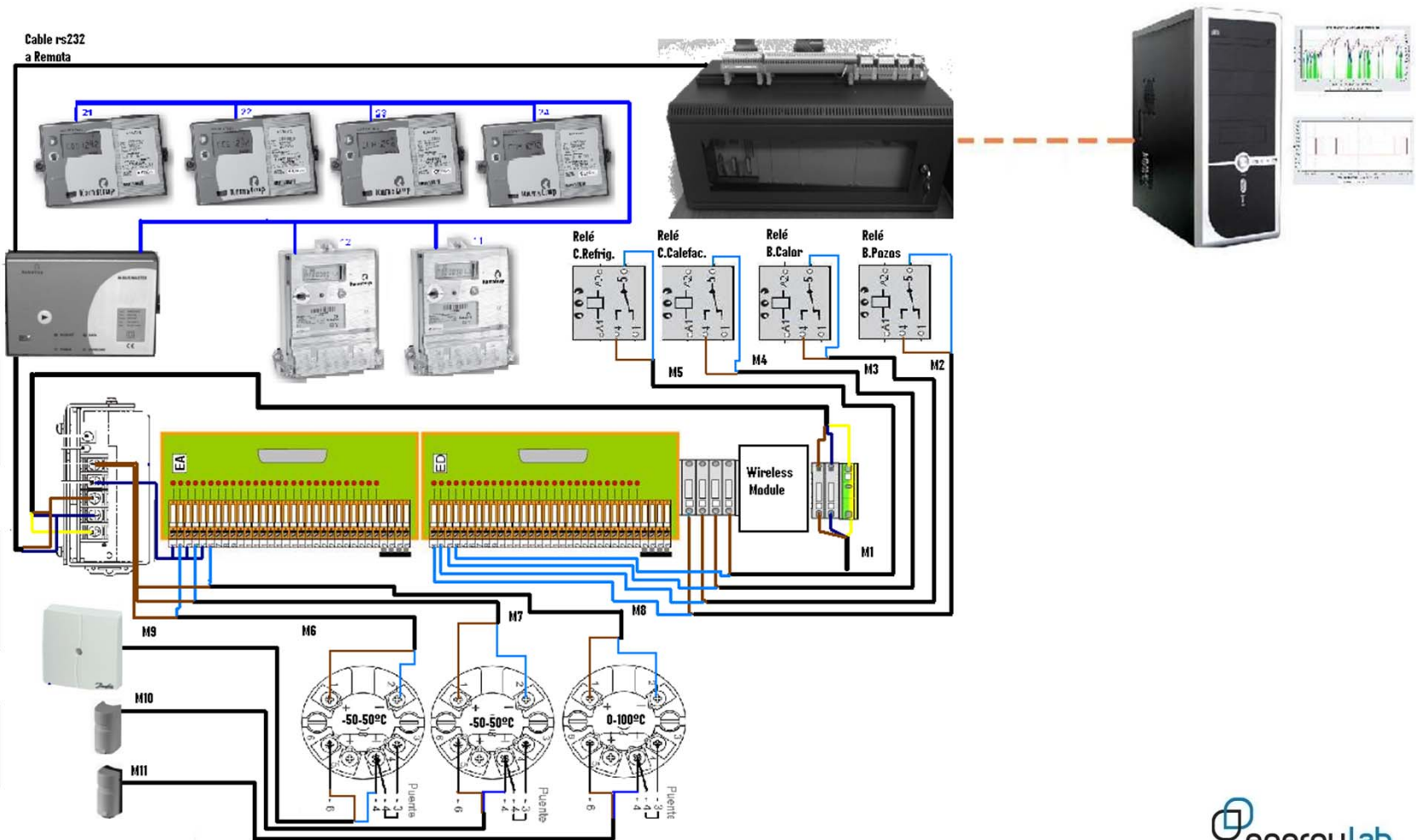
Ahorro de Energía → 95.725 MWh /año.

Ahorro económico → 10 M€

Ahorro en CO₂ → 52.000 t CO₂/año.

1 Introducción

Sistema de monitorización y adquisición de datos



1 Introducción

Para el análisis y evaluación de...

✓ **Prestaciones del sistema:** COP, EER, consumos energéticos, ahorros,...

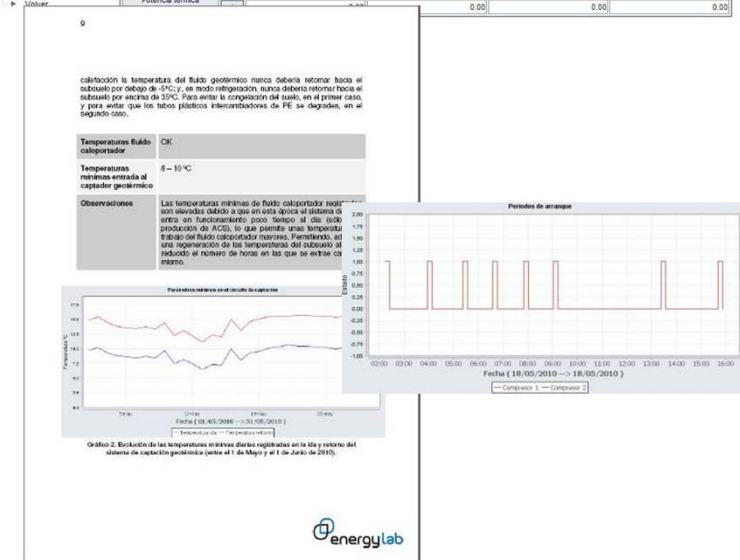
✓ **Parámetros medioambientales:** emisiones de CO₂ y comparativas de ahorros.

✓ **Parámetros de comportamiento del captador geotérmico:** evolución de las temperaturas de trabajo del fluido caloportador, potencias y energías intercambiadas con el subsuelo,...

✓ **Otras variables analizadas:** temperatura exterior, temperatura ambiente interior, tiempo de funcionamiento del sistema, número de arrancadas/paradas,...

✓ Ofreciendo un **análisis detallado** y pormenorizado del **comportamiento de las instalaciones** en los correspondientes Informes Técnicos, reflejando el comportamiento de las instalaciones tanto a **nivel de prestaciones** como de **comportamiento de la instalación y del sistema captador geotérmico**.

Menú Instalación		lunes, 22 / marzo / 2010	lunes, 15 / marzo / 2010	lunes, 08 / marzo / 2010	lunes, 01 / marzo / 2010
Registro de horas semanales		5.74	53.59	41.11	98.70
► Detalle					
► Info. Procesos	COP estacional 1	4.25	4.17	4.04	4.19
	COP estacional 2	4.03	4.00	3.87	4.02
► Histórico Alarmas	EER estacional 1	no calculado	no calculado	no calculado	no calculado
	EER estacional 2	no calculado	no calculado	no calculado	no calculado
► Alarmas					
► Variables	Coste eléctrico 1	8.03	40.59	60.17	37.51
	Coste eléctrico 2	8.47	42.35	62.81	39.16
► Indicadores	Diferencia Coste eléct. 1 - Coste eléct. 2	0.44	1.76	2.64	1.65
► Ind. semanales					
► Gráficos	Emissiones CO2 1	7956.99	40220.93	59623.03	37169.02
► Informe	Emissiones CO2 2	8392.99	41964.93	62239.03	38804.02
	...				
	...				
► Potencia térmica	máx.	0.07	0.07	0.08	0.08
► Potencia térmica	mín.	0.00	0.00	0.00	0.00



2 Resultados obtenidos

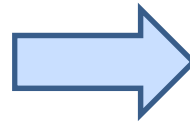
Escuela Infantil
Baiona

Escuela Infantil
Nigrán

Biblioteca
Central UVIGO

Centro de día
As Neves

Edificio Viviendas
Ribadumia



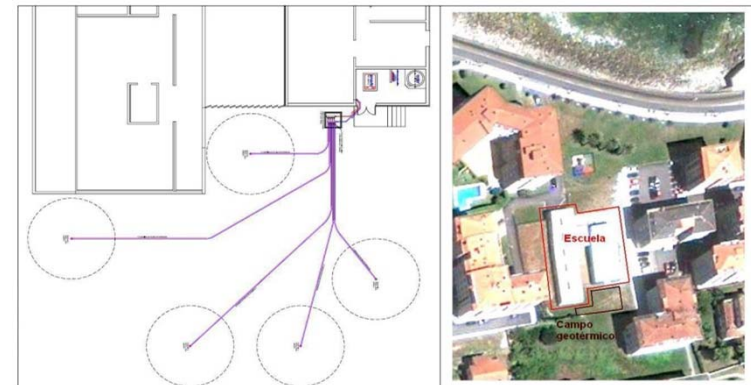
- Descripción de la instalación.
- Indicadores estacionales.
- Variables de la instalación.
- Ahorros conseguidos.

2 Resultados obtenidos. Escuela Infantil Baiona



Información general

- Escuela infantil de 800 m².
- Demanda de calefacción por suelo radiante (38°C) y ACS.
- Sistema sustituido: Caldera de gasóleo 90 kW.



Instalación realizada

- ❑ BCG de 52 kW.
- ❑ Captador geotérmico vertical en circuito cerrado con 5 perforaciones de 120 m. de profundidad.
- ❑ Acumulación de inercia de 1.500 l para calefacción y producción instantánea de ACS.



2 Resultados obtenidos. Escuela Infantil Baiona



Indicadores estacionales

Indicador	Ud.	AÑO 2010	AÑO 2011
COP est. 1	-	4,10	4,28
COP est. 2	-	3,93	4,09
Consumo eléctrico 1	kWh	16.498	13.885
Consumo eléctrico 2	kWh	17.040	14.591
Coste eléctrico 1	€	1.814	1.944
Coste eléctrico 2	€	1.874	2.042
Emisiones CO ₂ 1	kg CO ₂	4.454	3.749
Emisiones CO ₂ 2	kg CO ₂	4.601	3.940

Aclaraciones:

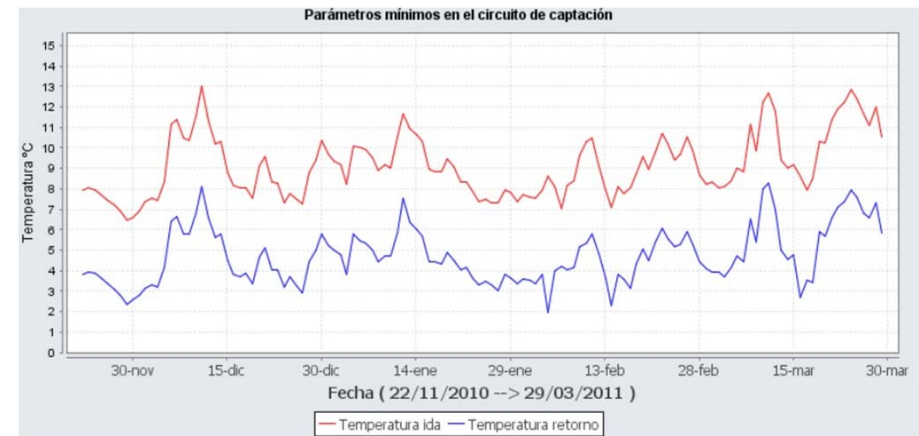
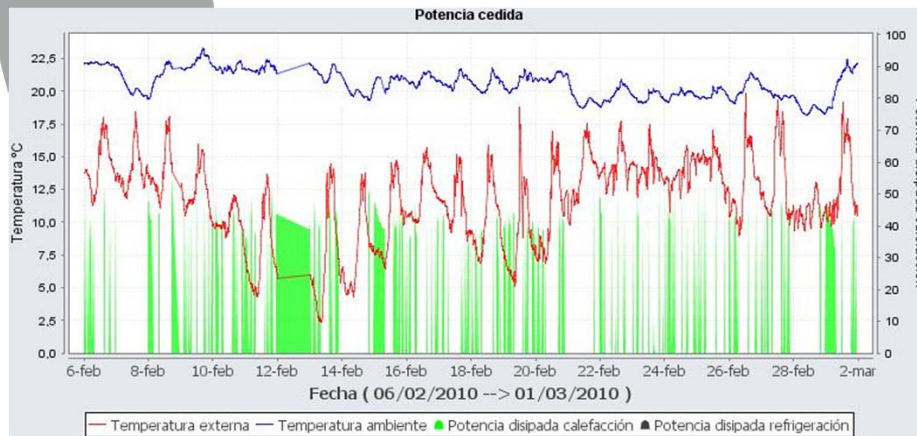
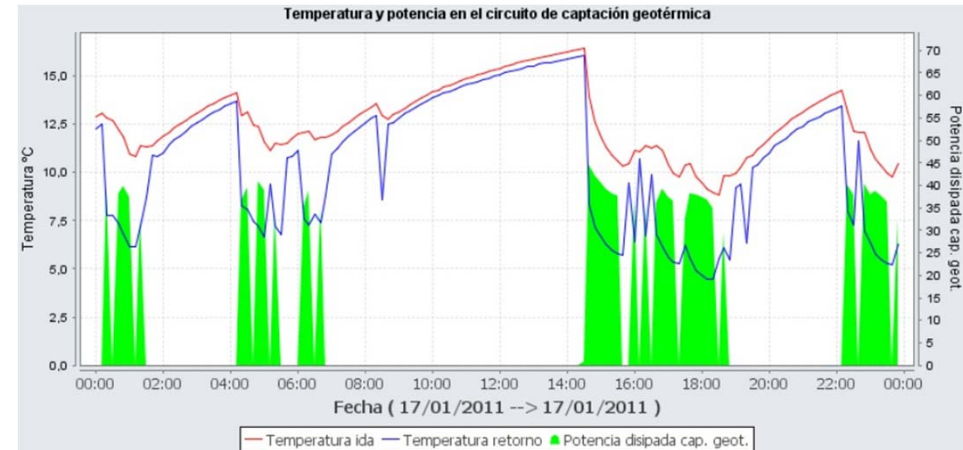
- Meses de Invierno: producción de ACS y calefacción.
- Meses de Verano: producción de ACS.
- Subíndice 1: Referido únicamente al consumo del compresor de la BCG.
- Subíndice 2: Referido al consumo del compresor de la BCG más el consumo de la bomba de circulación del fluido caloportador del sistema geotérmico.

2 Resultados obtenidos. Escuela Infantil Baiona



VARIABLES DE LA INSTALACIÓN

Indicador	Ud.	PROMEDIO
T pozos ent. BCG	°C	8-9
Pot. pozos	kW	38-42
Pot. esp. pozos	W/m	60-67
T amb. interior (inv.)	°C	20-23



2 Resultados obtenidos. Escuela Infantil Baiona



DATOS ECONÓMICOS GLOBALES CALCULADOS

PERIODO DE TIEMPO CONSIDERADO: AÑO 2010

	BCG	AHORROS vs. SIST. ANTERIOR
ENERGÍA CONSUMIDA	17.040 kWh	53.920 kWh/año
COSTE ECONÓMICO	1.874 €	4.270 €/año
EMISIONES CO ₂	4.601 kg	19.383 kg/año

VENTAJAS OBTENIDAS

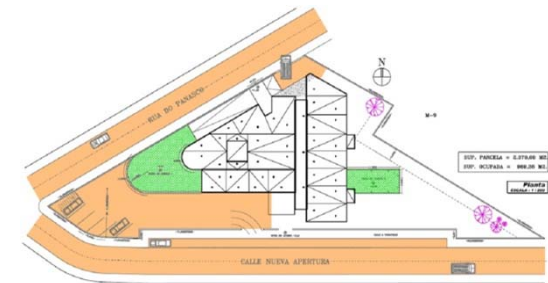
- ✓ Mejora de rendimiento económico y energético de la instalación.
- ✓ Reducción de emisiones de CO₂.
- ✓ Mejora de regulación de los sistemas de climatización y ACS.

2 Resultados obtenidos. Escuela Infantil Nigrán



Información general

- Escuela infantil de 1.000 m².
- Calefacción por suelo radiante (40°C) y producción de ACS en acumulación.
- Sistema sustituido: Caldera de gasóleo 90 kW.



Instalación realizada

- ❑ BCG de 75 kW.
- ❑ Captador geotérmico vertical en circuito cerrado con 10 perforaciones de 100 m de profundidad.
- ❑ Cubrir demanda de calefacción y precalentamiento de ACS.



2 Resultados obtenidos. Escuela Infantil Nigrán



Indicadores estacionales

Indicador	Ud.	AÑO 2010	AÑO 2011
COP est. 1	-	4,00	4,09
COP est. 2	-	3,71	3,62
Consumo eléctrico 1	kWh	6.800	5.884
Consumo eléctrico 2	kWh	7.598	6.964
Coste eléctrico 1	€	748	824
Coste eléctrico 2	€	835	975
Emisiones CO ₂ 1	kg CO ₂	1.836	1.589
Emisiones CO ₂ 2	kg CO ₂	2.051	1.880

Aclaraciones:

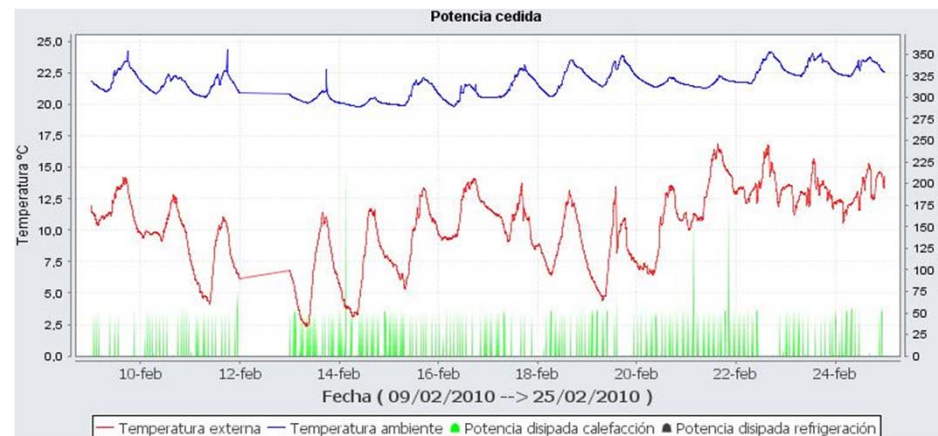
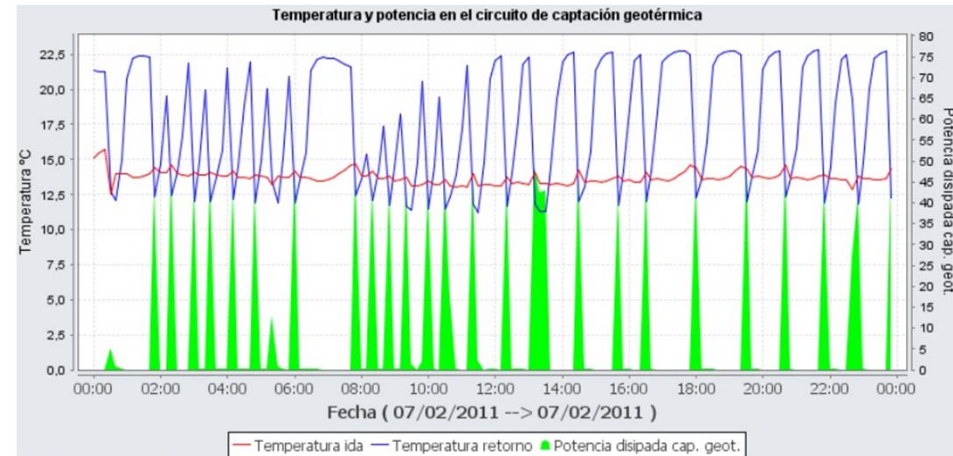
- Meses de Invierno: precalentamiento de ACS y calefacción.
- Meses de Verano: precalentamiento de ACS.
- Subíndice 1: Referido únicamente al consumo del compresor de la BCG.
- Subíndice 2: Referido al consumo del compresor de la BCG más el consumo de la bomba de circulación del fluido caloportador del sistema geotérmico.

2 Resultados obtenidos. Escuela Infantil Nigrán



Variables de la instalación

Indicador	Ud.	PROMEDIO
T pozos ent. BCG	°C	11-12
Pot. pozos	kW	43-47
Pot. esp. pozos	W/m	43-47
T amb. interior (inv.)	°C	20-23



2 Resultados obtenidos. Escuela Infantil Nigrán



DATOS ECONÓMICOS GLOBALES CALCULADOS

PERIODO DE TIEMPO CONSIDERADO: AÑO 2010

	BCG	AHORROS vs. SIST. ANTERIOR
ENERGÍA CONSUMIDA	7.598 kWh	20.592 kWh/año
COSTE ECONÓMICO	835 €	1.687 €/año
EMISIONES CO ₂	2.051 kg	7.476 kg/año

VENTAJAS OBTENIDAS

- ✓ Mejora de rendimiento económico y energético de la instalación.
- ✓ Reducción de emisiones de CO₂.
- ✓ Reducción de temperatura de trabajo del sistema de calefacción.

2 Resultados obtenidos. Biblioteca Central UVigo



Información general

- **Biblioteca pública universitaria de 3.300 m² con demanda de calefacción y refrigeración.**
- **Fancoils y conductos de aire (calefacción a 52°C y refrigeración a 8°C).**
- **Sistema sustituido:** 2 bombas de calor aire-agua y caldera de gasóleo.



Instalación realizada

- ☐ 3 x BCG de 60 kW/bomba
- ☐ Potencia total instalada: 180 kW
- ☐ Captador geotérmico vertical en circuito cerrado con 33 perforaciones de 100 m de profundidad.



2 Resultados obtenidos. Biblioteca Central UVigo



Indicadores estacionales

Indicador	Ud	DATOS 2010-2011
COP est. 1	-	3,37
COP est. 2	-	3,15
EER est. 1	-	3,66
EER est. 2	-	3,26
Consumo eléctrico 1	kWh	95.731
Consumo eléctrico 2	kWh	103.736
Coste eléctrico 1	€	10.530
Coste eléctrico 2	€	11.411
Emissiones CO ₂ 1	kg CO ₂	25.847
Emissiones CO ₂ 2	kg CO ₂	28.008

Aclaraciones:

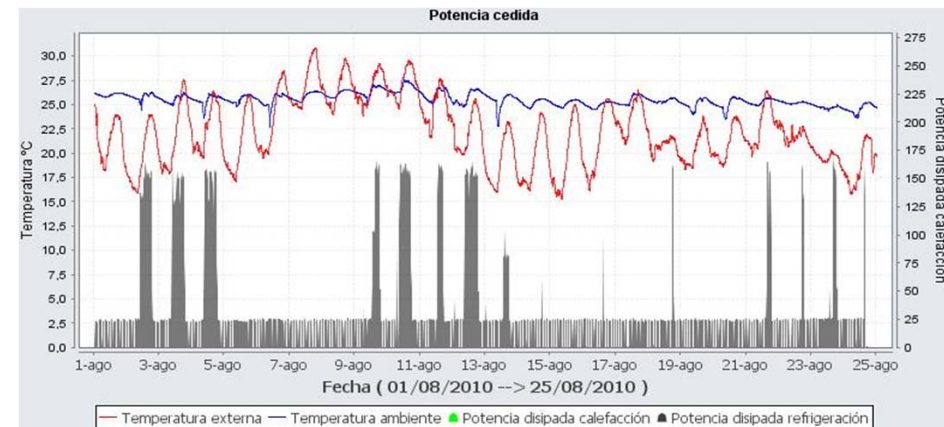
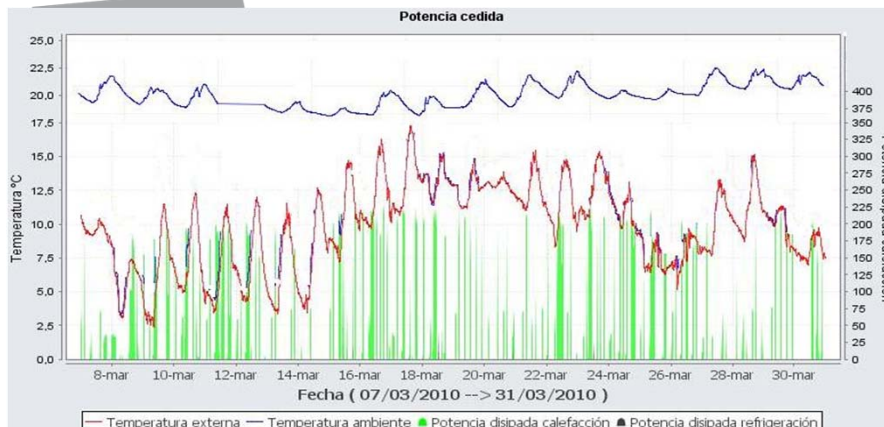
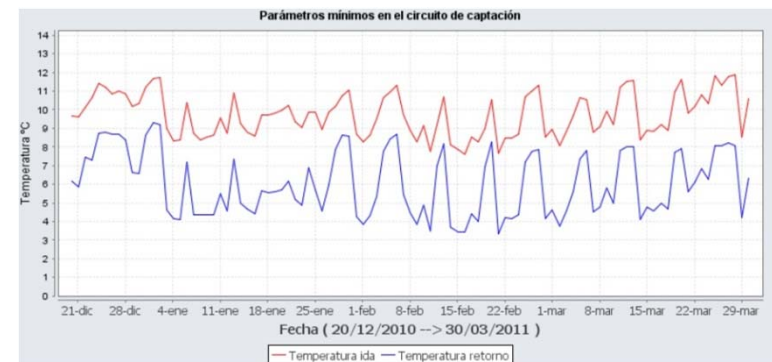
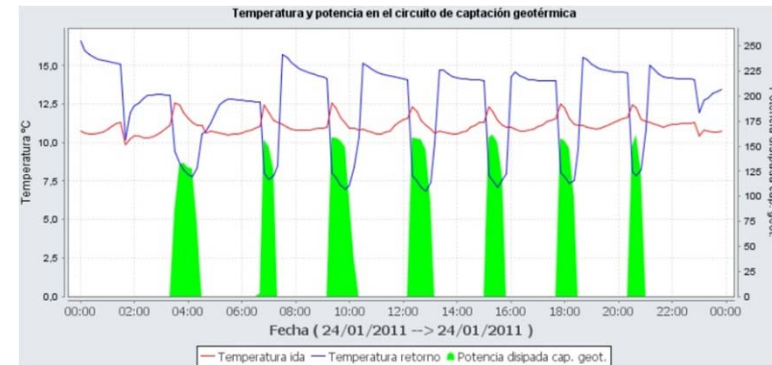
- Meses de Invierno: calefacción.
- Meses de Verano: refrigeración.
- Subíndice 1: Referido únicamente al consumo del compresor de la BCG.
- Subíndice 2: Referido al consumo del compresor de la BCG más el consumo de la bomba de circulación del fluido caloportador del sistema geotérmico.

2 Resultados obtenidos. Biblioteca Central UVigo



Variables de la instalación

Indicador	Ud.	PROMEDIO
T pozos ent. BCG (inv.)	°C	7-9
T pozos salida BCG (ver.)	°C	20-25
Pot. pozos (inv.)	kW	160-165
Pot. pozos (ver.)	kW	215-225
Pot. esp. pozos (inv.)	W/m	48-50
Pot. esp. pozos (ver.)	W/m	62-67
T amb. interior (inv.)	°C	19-23
T amb. interior (ver.)	°C	25-27



2 Resultados obtenidos. Biblioteca Central UVigo



DATOS ECONÓMICOS GLOBALES CALCULADOS

PERIODO DE TIEMPO CONSIDERADO: AÑO 2010-2011

	BCG	AHORROS vs. SIST. ANTERIOR
ENERGÍA CONSUMIDA	103.736 kWh	117.050 kWh/año
COSTE ECONÓMICO	11.411 €	12.875 €/año
EMISIONES CO ₂	28.008 kg	31.603 kg/año

VENTAJAS OBTENIDAS

- ✓ Mejora de rendimiento económico y energético de la instalación.
- ✓ Reducción de emisiones de CO₂.
- ✓ Mejora en la regulación del sistema de climatización.

2 Resultados obtenidos. Centro de Día As Neves



Información general

- Centro de Día de 700 m² con demanda de calefacción y refrigeración.
- Escuela infantil de 100 m² con demanda de calefacción y refrigeración.
- Fancoils (calefacción a 50°C y refrigeración a 10°C) y radiadores (calefacción a 50°C).
- **Sistema sustituido:** Bomba de calor aire-agua y caldera de gasóleo



Instalación realizada

- ❑ BCG de 40 kW.
- ❑ Captador geotérmico vertical en circuito cerrado con 6 perforaciones de 100 m de profundidad.
- ❑ Calefacción y refrigeración de la escuela infantil (obra realizada fuera de los objetivos iniciales del proyecto).



2 Resultados obtenidos. Centro de Día As Neves



Indicadores estacionales

Indicador	Ud	DATOS 2011
COP est. 1	-	3,65
COP est. 2	-	3,27
EER est. 1	-	3,40
EER est. 2	-	3,07
Consumo eléctrico 1	kWh	16.083
Consumo eléctrico 2	kWh	17.989
Coste eléctrico 1	€	2.251
Coste eléctrico 2	€	2.518
Emisiones CO ₂ 1	kg CO ₂	4.342
Emisiones CO ₂ 2	kg CO ₂	4.857

Aclaraciones:

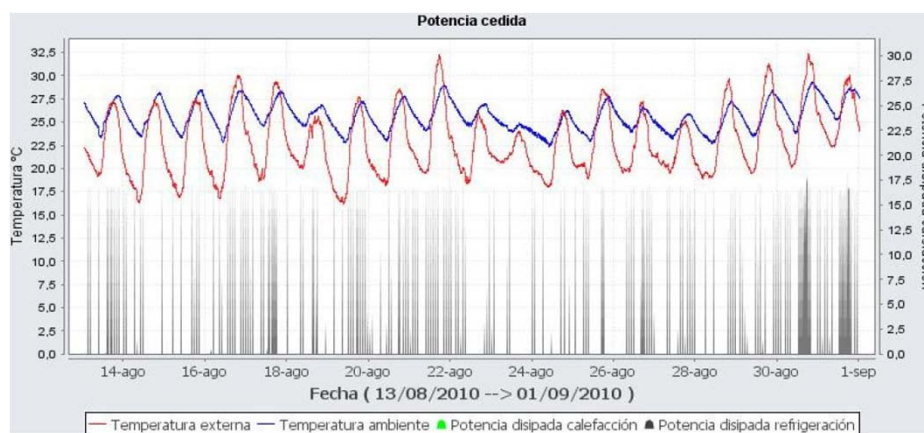
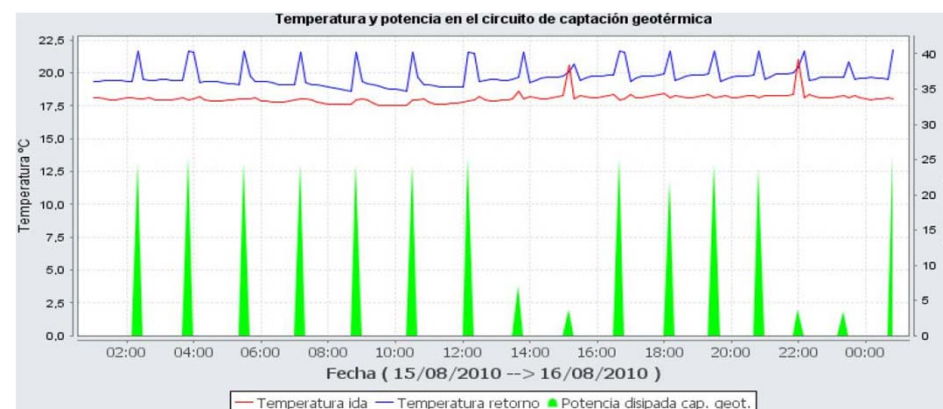
- Meses de Invierno: calefacción.
- Meses de Verano: refrigeración.
- Subíndice 1: Referido únicamente al consumo del compresor de la BCG.
- Subíndice 2: Referido al consumo del compresor de la BCG más el consumo de la bomba de circulación del fluido caloportador del sistema geotérmico.

2 Resultados obtenidos. Centro de Día As Neves



Variables de la instalación

Indicador	Ud.	PROMEDIO
T pozos ent. BCG (inv.)	°C	8-9
T pozos salida BCG (ver.)	°C	20-23
Pot. pozos (inv.)	kW	17-19
Pot. pozos (ver.)	kW	25-27
Pot. esp. pozos (inv.)	W/m	42-45
Pot. esp. pozos (ver.)	W/m	48-50
T amb. interior (inv.)	°C	20-23
T amb. interior (ver.)	°C	25-27



2 Resultados obtenidos. Centro de Día As Neves



DATOS ECONÓMICOS GLOBALES CALCULADOS

PERIODO DE TIEMPO CONSIDERADO: AÑO 2011

	BCG	AHORROS vs. SIST. ANTERIOR
ENERGÍA CONSUMIDA	17.989 kWh	20.236 kWh
COSTE ECONÓMICO	2.518 €	2.835 €
EMISIONES CO ₂	4.857 kg	5.464 kg

VENTAJAS OBTENIDAS

- ✓ Mejora de rendimiento económico y energético de la instalación.
- ✓ Reducción de emisiones de CO₂.
- ✓ Reducción de temperatura de trabajo del sistema de calefacción.
- ✓ Mejora de las condiciones interiores de la guardería.

2 Resultados obtenidos. Edificio viviendas Ribadumia



Información general

- Edificio de viviendas (15 en total).
- Demanda de calefacción y ACS.
- Superficie total a calefactar: 1.200 m².
- Sistema inicial propuesto:
 - ✓ Caldera de gasóleo de 240 kW para calefacción-ACS.
 - ✓ Sistema solar térmico para ACS.
- Sistema de distribución:
 - ✓ Estaciones de transferencia individualizada por piso para calefacción y ACS.
 - ✓ Suelo radiante a 38 – 40°C.



Instalación realizada

- ❑ 2 x BCG de 40 kW.
- ❑ Captador geotérmico vertical en circuito cerrado con 10 perforaciones de 100 m de profundidad.
- ❑ Acumulación de inercia de 1.500 l.



2 Resultados obtenidos. Edificio viviendas Ribadumia



Indicadores estacionales

Indicador	Ud.	DATOS 2011 (2º sem.)
COP est. 1	-	3,46
COP est. 2	-	3,14
Consumo eléctrico 1	kWh	15.757
Consumo eléctrico 2	kWh	17.352
Coste eléctrico 1	€	2.206
Coste eléctrico 2	€	2.429
Emissiones CO ₂ 1	kg CO ₂	4.254
Emissiones CO ₂ 2	kg CO ₂	4.685

Aclaraciones:

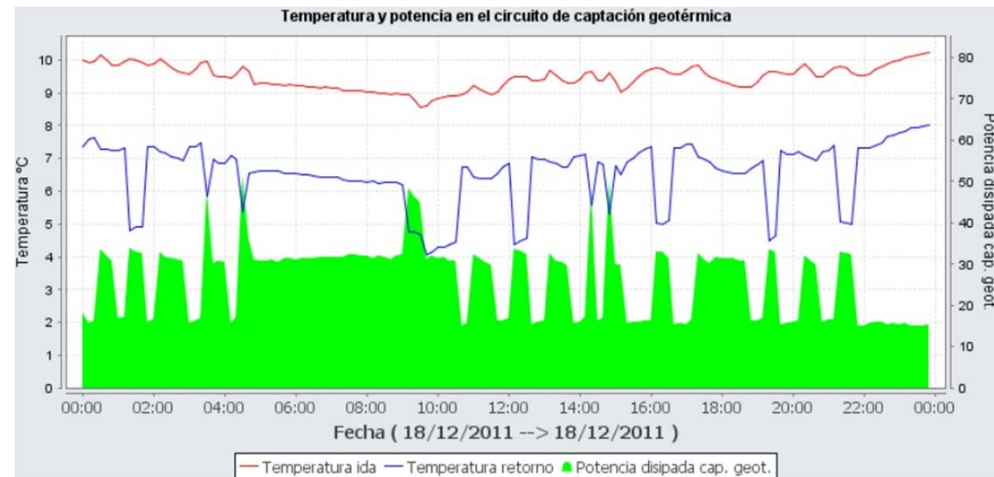
- Meses Invierno: calefacción y ACS.
- Meses de Verano: ACS.
- Subíndice 1: Referido únicamente al consumo del compresor de la BCG.
- Subíndice 2: Referido al consumo del compresor de la BCG más el consumo de la bomba de circulación del fluido caloportador del sistema geotérmico.

2 Resultados obtenidos. Edificio viviendas Ribadumia



Variables de la instalación

Indicador	Ud.	PROMEDIO
T pozos ent. BCG	°C	9-10
Pot. pozos	kW	47-50
Pot. esp. pozos	W/m	47-50
T amb. interior (inv.)	°C	22-25



2 Resultados obtenidos. Edificio viviendas Ribadumia



DATOS ECONÓMICOS GLOBALES CALCULADOS

PERIODO DE TIEMPO CONSIDERADO: AÑO 2011 (2º sem.)

	BCG	AHORROS vs. SIST. GASÓLEO C
ENERGÍA CONSUMIDA	17.352 kWh	52.576 kWh/año
COSTE ECONÓMICO	2.429 €	4.937 €/año
EMISIONES CO ₂	4.685 kg	18.693 kg/año

VENTAJAS OBTENIDAS

- ✓ Mejora de rendimiento económico y energético de la instalación.
- ✓ Reducción de emisiones de CO₂.
- ✓ Mejora en la regulación del sistema de climatización.

3 Conclusiones



Ahorros factura energética de climatización y producción de ACS:

- ✓ Instalaciones monitorizadas con demanda de sólo calor (calefacción y ACS) vs. sistema generador térmico anterior (caldera de gasóleo) ➡ **67-70%**
- ✓ Instalaciones monitorizadas con demanda de calor y frío (calefacción y refrigeración) vs. sistema generador térmico anterior (bomba de calor aire-agua) ➡ **52-54%**

Ahorros emisiones de CO₂:

- ✓ Instalaciones monitorizadas con demanda de sólo calor (calefacción y/o ACS) vs. sistema generador térmico anterior (caldera de gasóleo) ➡ **78-81%**
- ✓ Instalaciones monitorizadas con demanda de calor y frío (calefacción y refrigeración) vs. sistema generador térmico anterior (bomba de calor aire-agua) ➡ **52-54%**

➤ En general, **correcto dimensionado de las instalaciones** ➡ Temperaturas de trabajo OK.

➤ **Demandas térmicas satisfechas con bajos costes de operación** ➡ Satisfacción de propietarios y usuarios.

➤ Los resultados presentados dan buena muestra de las importantes **prestaciones** de la tecnología de BCG y de los importantes **ahorros** que puede llegar a suponer en instalaciones de climatización.



➤ Seguimiento y análisis de los datos registrados y de la evolución del comportamiento de las instalaciones a lo largo de sucesivos ciclos de demanda térmica, para confirmar sus prestaciones futuras.



3 Conclusiones

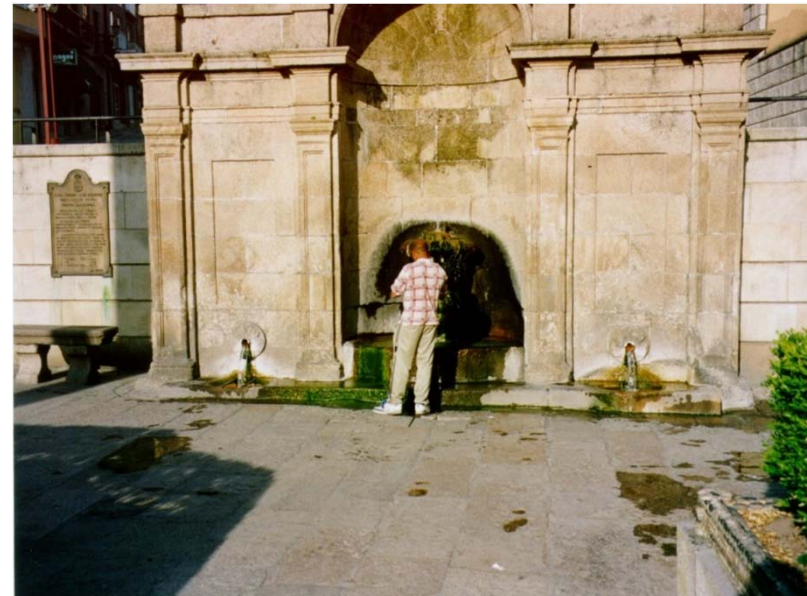
- En general, el **coste total** de la implementación de un sistema de BCG, teniendo en cuenta todas sus fases, se encuentra actualmente entre los siguientes intervalos:
 - ✓ Residencial unifamiliar: 2.000 – 2.300 €/kWt BCG
 - ✓ Residencial multifamiliar y terciario: 1.700 – 2.000 €/kWt BCG
- **Campo de captación geotérmico:** 35 – 60% de los costes totales => Fase de diseño rigurosa que permita ajustar la potencia térmica de la BCG a instalar y, por tanto, ajustar el tamaño del campo de captación geotérmico sin sobredimensionamientos que conduzcan a sobrecostes.
- En cuanto al **contrato de mantenimiento:**
 - ✓ Residencial unifamiliar: 150 – 200 €/año
 - ✓ Residencial multifamiliar y terciario: 500 – ... €/año
- Lo que se traduce en unos **períodos de retorno de la inversión**, en general, de entre 5 y 10 años, dependiendo:
 - ✓ Del sistema con el que se realice la comparativa.
 - ✓ Del tipo de captación geotérmica.
 - ✓ De la existencia de subvenciones u otros incentivos.



4 Ejemplo de aprovechamiento con interc. directo



LAS BURGAS (OURENSE)



4 Ejemplo de aprovechamiento con interc. directo

EXCMO. CONCELLO DE OURENSE
FONTES DAS BURGAS
COMPOSICIÓN

Componente	Unidad	Valor
RESIDUO SECO	mg/L	649,2
LITIO	"	1,14
SODIO	"	102,2
POTASIO	"	8,15
RUBIDIO	"	0,10
CESIO	"	0,11
CALCIO	"	11,2
MAGNESIO	"	0,89
BORO	"	1,24
CLORURO	"	25,0
FLUORURO	"	13,49
BICARBONATO	"	462
NITRATO	"	0,33
SILICE	"	71,8

AGUAS: SILICATADAS, FLUORADAS,
LITÍNICAS, HIPERTERMAIS
APLICACION: PREFERENTE EN
DERMOPATIAS PRURIZINOSAS

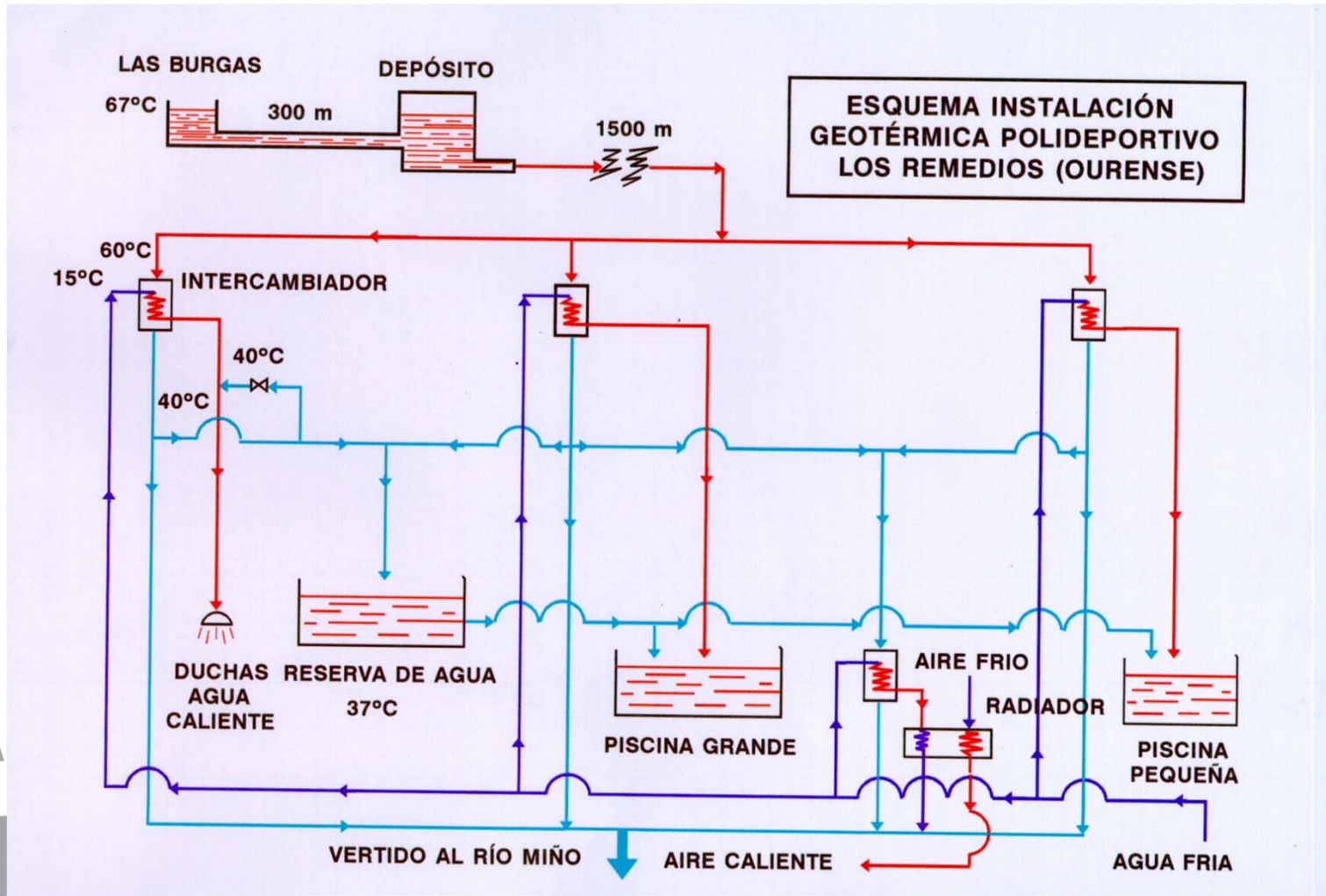
Doc. M. SOUTO / F. BERNHEJO - UNIV. SANTIAGO MCHXC



**POLIDEPORTIVO
LOS REMEDIOS**

**T = 67°C
Q = 300 l/s
pH = 7,56**

4 Ejemplo de aprovechamiento con interc. directo



4 Ejemplo de aprovechamiento con interc. directo



**CONDUCCIÓN
DESDE LAS
BURGAS**

4 Ejemplo de aprovechamiento con interc. directo



4 Ejemplo de aprovechamiento con interc. directo





Centro Tecnológico de Eficiencia
y Sostenibilidad Energética

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Área de Edificación
energylab@energylab.es

Edificio CITEXVI – Local 1
Fonte das Abelleiras, s/n
Campus Universitario de Vigo
36310 Vigo (Pontevedra)
T_986 120 450 F_986 120 450
www.energylab.es

PROXECTO COFINANCIADO



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE
ECONOMÍA E INDUSTRIA



UNIÓN EUROPEA

FONDO SOCIAL EUROPEO
"O FSE inviste no teu futuro"