

# II JORNADA DEL FÒRUM D'ASSOCIATS COL-LABORADORS L'HOSPITAL SOSTENIBLE

## GEOTÈRMIA HOSPITAL DE MOLLET

J. SERRA CAPMANY

17 de novembre de 2010

## GEOTÈRMIA

- **INTRODUCCIÓ**
- **CONCEPTES GENERALS DE GEOTÈRMIA**
- **ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC, MITJANÇANT IMATGES DE LA CONSTRUCCIÓ DEL HOSPITAL DE MOLLET**
- **PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET**
- **BALANÇ D'ENERGIES ESTIMAT AL NOU HOSPITAL DE MOLLET**
- **SISTEMA DE GESTIÓ DE L' APROFITAMENT GEOTÈRMIC AL NOU HOSPITAL DE MOLLET**
- **CONCLUSIONS**

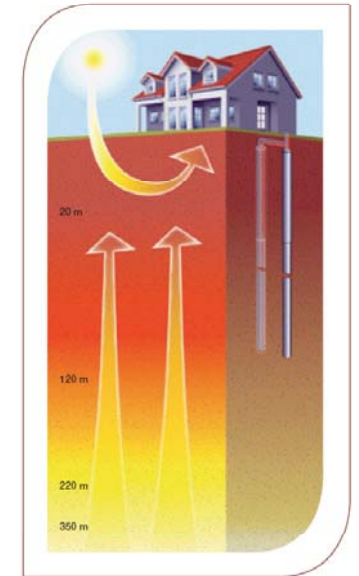
# CONCEPTES GENERALS DE GEOTÈRMIA

## ➤ QUÈ ÉS L'ENERGIA GEOTÈRMICA?

***“L'ENERGIA EMMAGATZEMADA EN FORMA DE CALOR PER SOTA DE LA SUPERFICIE DE LA TERRA”.***

Segons VDI 4640 i el Consell Europeu de la Energia Geotèrmica (EGEC).

- Engloba el calor emmagatzemat en roques, sòls i aigües subterrànies, qualsevol que sigui la temperatura i la profunditat en què estigui.
- La calor que procedeix de l'interior de la terra compren:
  - La radiació solar que es absorbeix i acumula per la Terra, actuant com un gegantesc col·lector solar.
  - Calor residual de la formació del planeta fa 4.500 milions d'anys, que segueix arribant a la superfície.
  - Calor provinent de la desintegració d'isòtops radioactius, presents en la escorça i mantell terrestre.



# CONCEPTES GENERALS DE GEOTÈRMIA

## ➤ TIPUS DE GEOTÈRMIA:

Segons l'IDAE, es classifica tenint en compte la temperatura de l'aigua dels jaciments:

- Alta temperatura: més de 150 °C.
- Mitja temperatura: entre 100 °C i 150 °C.

L'energia geotèrmica d'alta i mitja temperatura es la energia de zones actives de l'escorça terrestre amb roca a varis cents de graus centígrades.

La major part s'ubiquen en emplaçaments amb magma a poca profunditat i es relaciona amb fenòmens volcànics.

S'aprofiten per a produir energia elèctrica, i quan no és suficient s'utilitza per a subministrar aigua calenta domèstica, o per a usos balnearis o hivernacles como aigües termals.

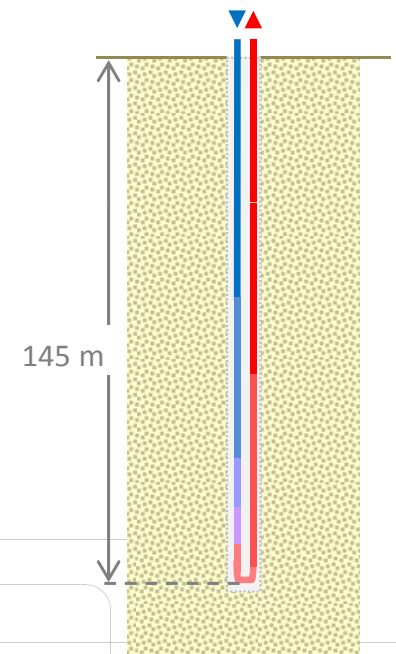
- Baixa temperatura: entre 30 °C i 100 °C.
- Molt baixa temperatura: menys de 25 °C.



# CONCEPTES GENERALS DE GEOTÈRMIA

## ➤ GEOTÈRMIA DE BAIXA TEMPERATURA.

- A partir dels 2 metres de profunditat, la temperatura del subsòl es manté constant al llarg de tot l'any uns 15 graus de temperatura, el que constitueix una font energètica inesgotable.
- A diferència de la energia geotèrmica d'alta temperatura, el potencial d'aprofitament de la geotèrmia de baixa temperatura es troba en tots els llocs, pel que es susceptible de ser utilitzada casi en qualsevol terreny.
- Las possibilitats d'ús estan en la calefacció en hivern, refrigeració a l'estiu i en l'obtenció d'aigua calent durant tot l'any.
- Los avanços tecnològics actuals en equips, les millores en prospecció i perforació permeten la seva explotació en l'actualitat i han possibilitat que els seu aprofitament sigui econòmic.
- Representa una alternativa sostenible, d'elevada garantia i d'alta eficiència energètica en front a sistemes convencionals de refrigeració i calefacció.



# CONCEPTES GENERALS DE GEOTÈRMIA

## ➤ RATIS DE POTÈNCIES D'INTERCANVI DE CALOR:

<b>SUBSTRAT:</b>	<b>1800 h</b>		<b>2400 h</b>	
<b>Valors estàndard generals:</b> Subsòl pobre (sediments secs i materials solts). $\lambda < 1,5 \text{ W/(m x K)}$	25 W/m		20 W/m	
Substrat de qualitat mitjana, de roques consolidada i sediments hídricament saturats. $\lambda = 1,5-3,0 \text{ W/(m x K)}$	60 W/m	140%	50 W/m	150%
Roques consolidades amb alta conductivitat calorífica. $\lambda > 3,0 \text{ W/(m x K)}$	84 W/m	236%	70 W/m	250%
<b>Subsòl no consolidat:</b> Graves, sorres seques. Graves i sorres amb aquífers. Graves i sorres amb aigües subterrànies d'elevat flux. Argiles i margues humides.	< 25 W/m 65-80 W/m 80-100 W/m 35-50 W/m	 160%-220% 220%-300% 40%-100%	< 20 W/m 55-65 W/m 80-100 W/m 30-40 W/m	 175%-225% 300%-400% 50%-100%
<b>Subsòl consolidat i Roques:</b> Calcàries. Arenoses. Magmàtiques àcides (p.e. granit). Magmàtiques bàsiques (p.e. basalts). Gneiss.	55-70 W/m 65-80 W/m 65-85 W/m 140-65 W/m 70-85 W/m	120%-180% 160%-220% 160%-240% 460%-160% 180%-240%	45-60 W/m 55-65 W/m 55-70 W/m 35-55 W/m 60-70 W/m	125%-200% 175%-225% 175%-250% 75%-175% 200%-250%
<b>Els valors poden variar en funció del grau de fructuació, esquistositat i meteorització.</b>				

- Valors orientatius pel disseny de sistemes d'intercanvi de calor, que recomana la directriu alemanya VDI 4640

# CONCEPTES GENERALS DE GEOTÈRMIA

## ➤ AVANTATGES:

- Es una font d'energia renovable, neta i disponible en qualsevol lloc.
- La temperatura constant del interior de la terra fa que la instal·lació no estigui supeditada a variacions climàtiques estacionals.
- S'eliminen les torres de refrigeració per la condensació de refredadores convencionals.
- Permet treballar als equips productors com a bomba de calor, aconseguint COP's mes alts que amb els sistemes convencionals. Disminueix l'ús de les calderes.
- Una instal·lació tipus pot suposar estalvis entre el 50 i el 70% tant en calefacció com en refrigeració.
- Al no realitzar-se combustió de cap combustible fòssil, no es produeix emissió de CO<sub>2</sub> i altres gasos de efecte hivernacle.
- Als mesos càlids és possible recuperar calor per obtenir ACS, mitjançant un bescanviador.
- No produeix impacte visual.
- Pot treballar a temperatura baixa en règim de calefacció i alta en règim de refrigeració, amb la conseqüent eficiència energètica i per tant estalvi. Això permet incorporar sistemes radiants que augmenten el nivell de confort, tant en modalitat de calefacció com en la de refrigeració.

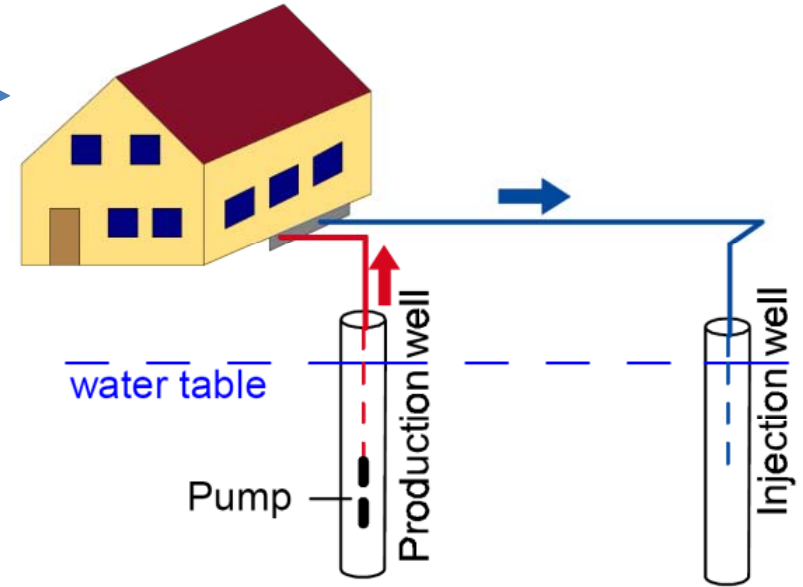
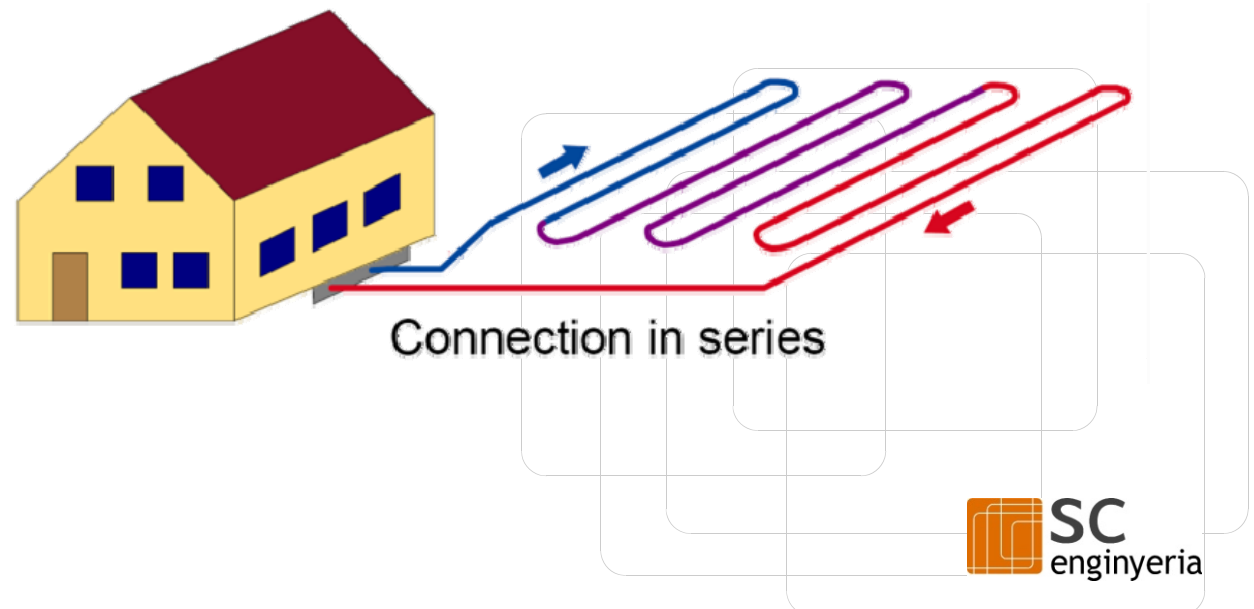
# CONCEPTES GENERALS DE GEOTÈRMIA

## ➤ SISTEMES D'INSTAL·LACIÓ:

- Obert

- Tancat:

Horizontal  
Vertical



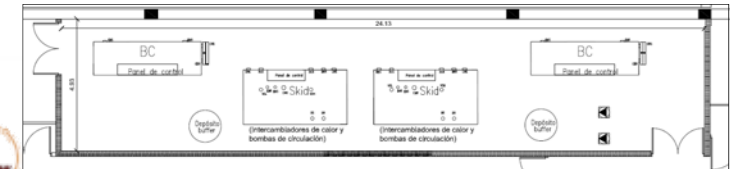


# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ IMPLANTACIÓ DE LES INSTAL·LACIONS

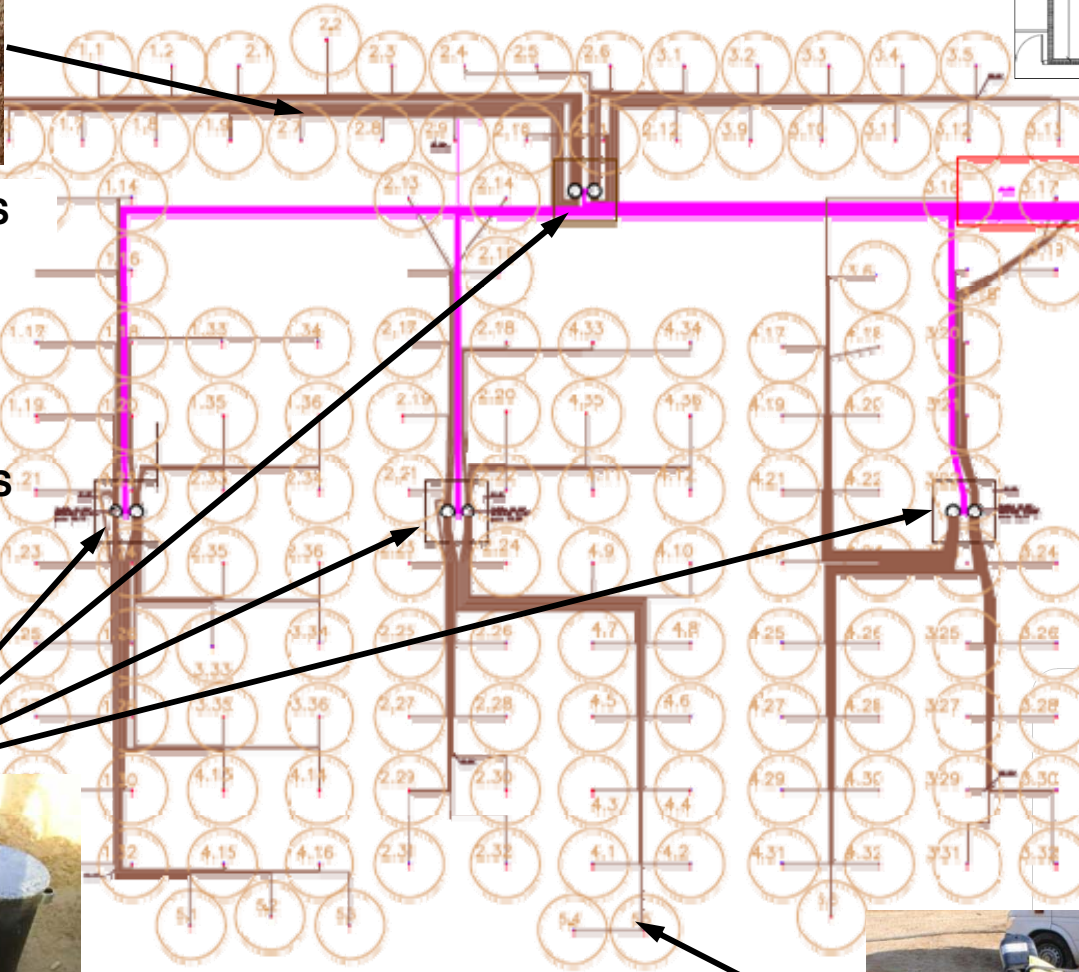


CANALITZACIONS



SALA TÈCNICA

CAMP GEOTÈRMIC  
DIVIDIT EN 4 GRUPS



SALA COL·LECTORS  
TERRESTRE



COL·LECTORS



SONDA

# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ EXECUCIÓ DE POUS I FONAMENTACIÓ



L'execució dels pous geotèrmics va coincidir en tot moment amb els terminis per la construcció de les riostes i encepats dels pilotatge, donat que els camps de pous es situen dins de l'entramat de la cimentació de l'edifici.

# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ CONSTRUCCIÓ DELS POUS

- Pous: 144 ut.
- Diàmetre Pou: 122 mm
- Profunditat: 145 m



Capçal perforador



Perforació dels pous



Perforació dels pous

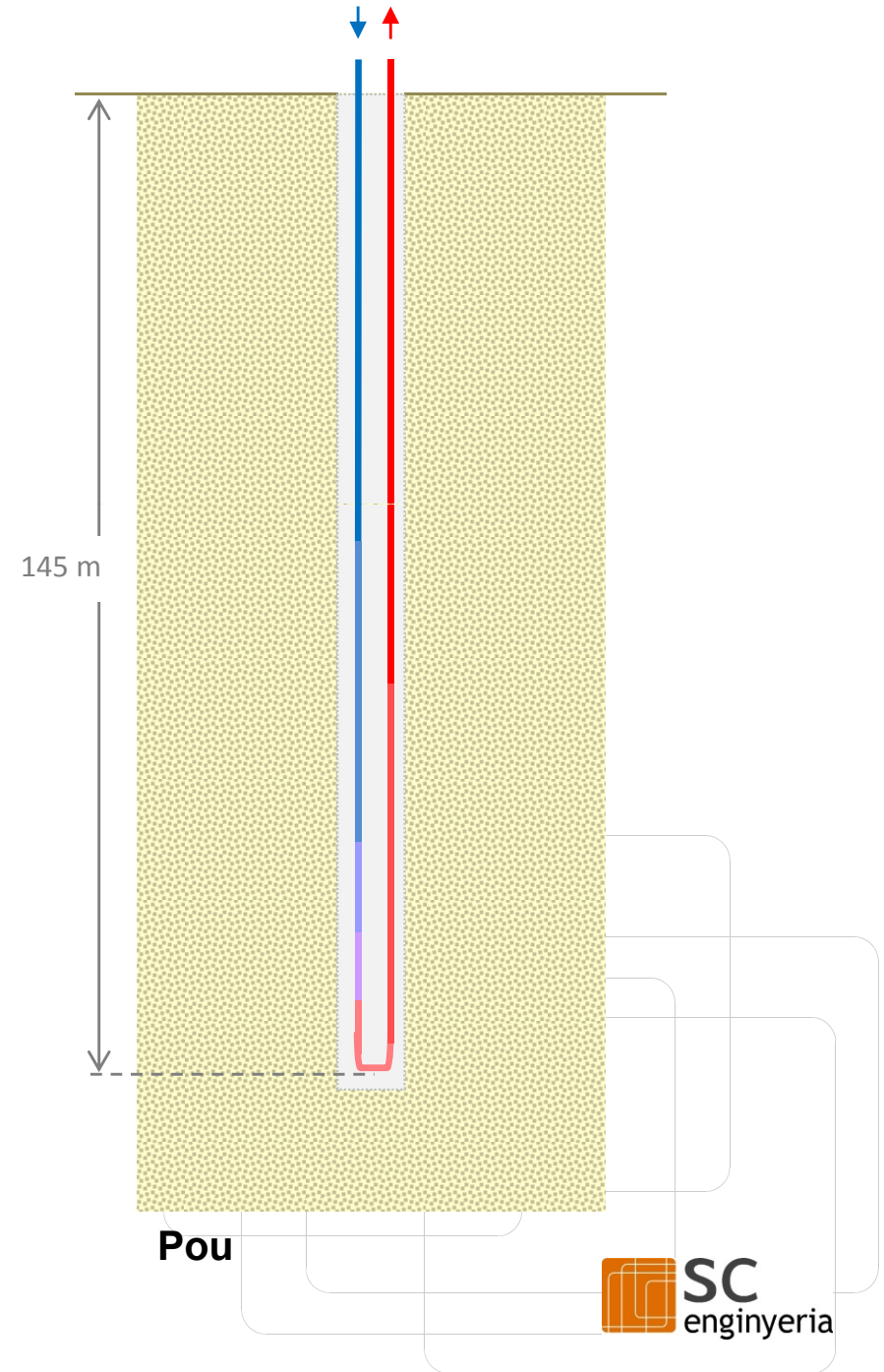
# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ SONDA

- Sondes: 20.880 m
- Material: Polietilé d'alta densitat.
- Diàmetre de la sonda: 40 mm en forma de U
- Omplerta dels pous: Lletada de Thermokontakt.



Sonda



# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ INSTAL·LACIÓ DE LES SONDES



Introducció manual de la sonda



Detall connexió sondes

# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ ESTESA DE LES CANALITZACIONS



Canalització Sondes



Canalització Sondes



# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ CONNEXIÓ DE SONDAS ALS COL·LECTORS DE CAMP

- 4 Col·lectors de camp dobles
  - Camp 1: 36 sondes
  - Camp 2: 36 sondes
  - Camp 3: 36 sondes
  - Camp 4: 36 sondes



Detall col·lector (2)



Detall col·lectors (1)



# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ CONNEXIÓ DE SONDAS ALS COL·LECTORS DE CAMP



Detall col·lectors (3)



Detall col·lectors (4)



# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ SALA COL·LECTORS I/R TERRESTRE



Sala de Col·lectors (fase de construcció)



Sala de Col·lectors

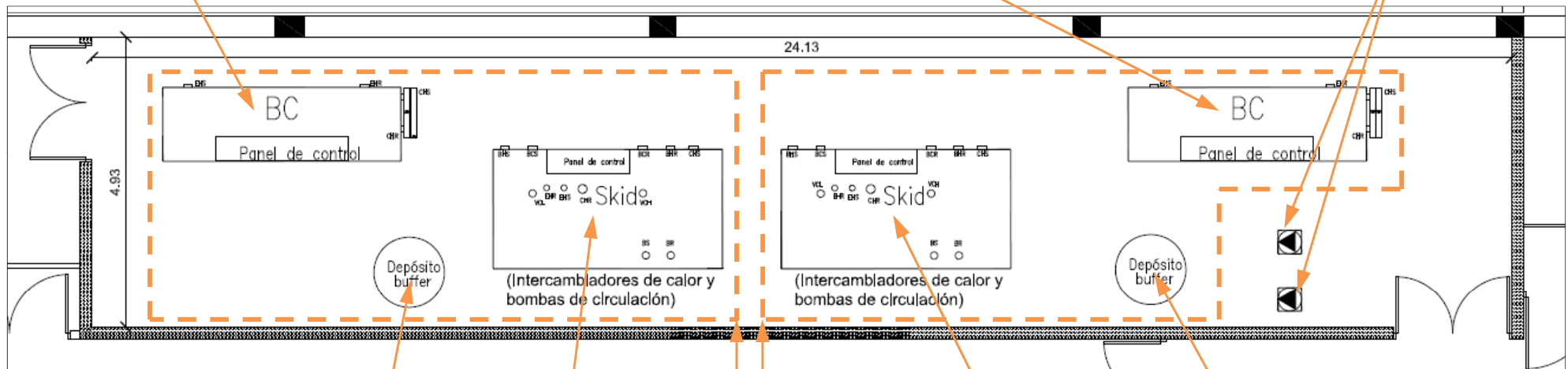
# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ SISTEMA D'INTERCANVI GEOTÈRMIC

BOMBA DE CALOR  
GEOTÈRMICA

BOMBA DE CALOR  
GEOTÈRMICA

BOMBES IMPULSIÓ



DIPÒSIT BUFFER

DIPÒSIT BUFFER

BESCANVIADOR  
DE CALOR

BESCANVIADOR  
DE CALOR

SISTEMA D'INTERCANVI  
GEOTÈRMIC N°1

SISTEMA D'INTERCANVI  
GEOTÈRMIC N°2

# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ COMPONENTS DE LA INSTAL·LACIÓ: SALA TÈCNICA



**Sala de Geotèrmia (Bescanviadors)**



**Bomba de calor Geotèrmica**

# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ COMPONENTS DE LA INSTAL·LACIÓ: SALA TÈCNICA



**Depòsit estratificat i bombes impulsió col·lectors.**

# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ COMPONENTS DE LA INSTAL·LACIÓ: SALA TÈCNICA



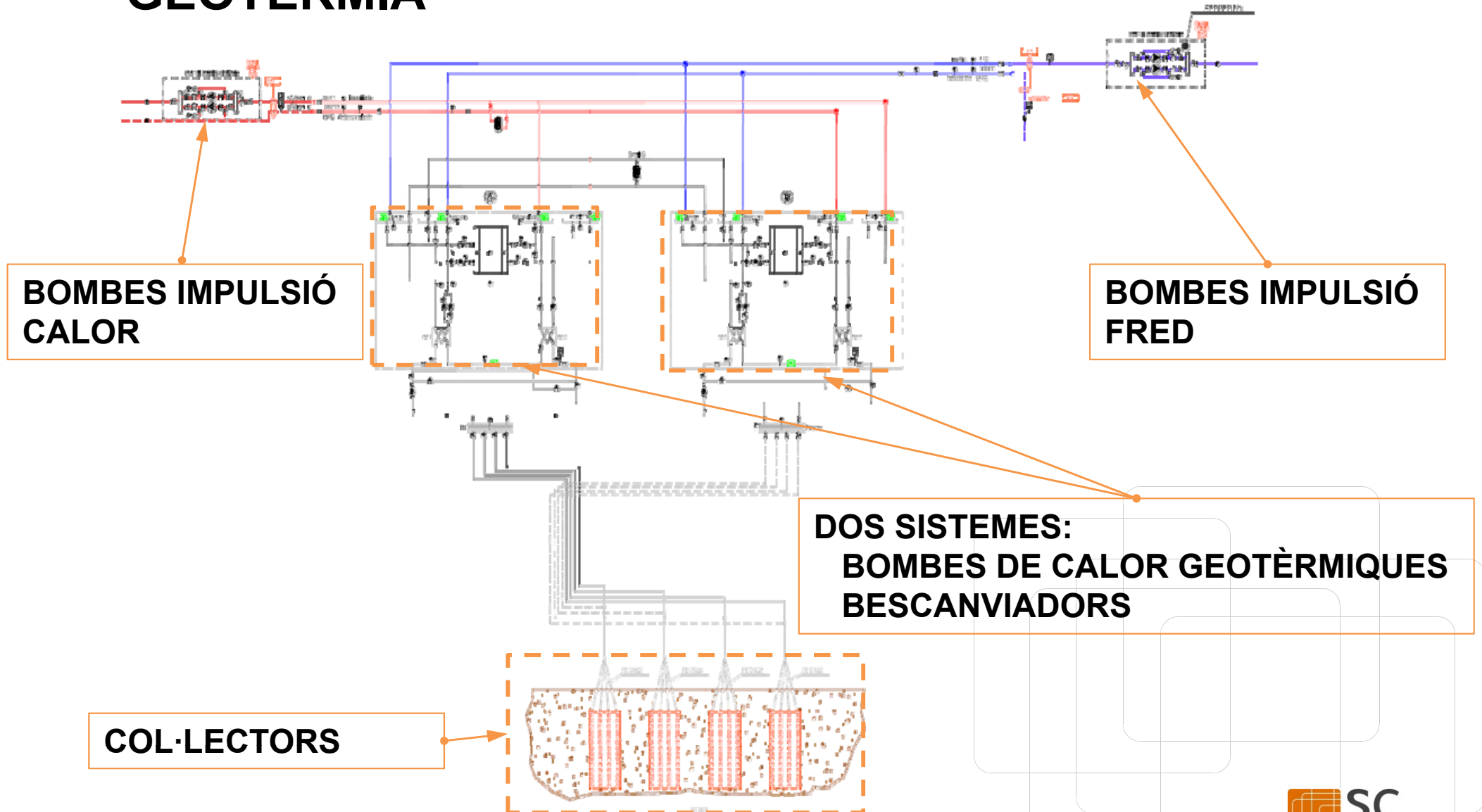
**Bombes Circuit Fred**



**Bombes Circuit Calor**

# ELEMENTS D'UN SISTEMA GEOTÈRMIC

## ➤ ESQUEMA HIDRÀULIC DE LA INSTAL·LACIÓ DE GEOTÈRMIA



# PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## ➤ DISSENY INSTAL·LACIÓ GEOTÈRMICA

- Càlcul de requeriments en calefacció i refrigeració.
- Selecció bombes geotèrmiques en funció del balanç de temperatures previstes.
- Dimensionat previ del número de perforacions per dissenyar la seva distribució al terreny.
- Verificació de les característiques tèrmiques del terreny en fase d'obra.
- Redimensionat de la instal·lació.

# PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## ➤ DADES DE PARTIDA PEL CÀLCUL DE LA INSTAL·LACIÓ

Paràmetres	Unitats	
Conductivitat tèrmica mitjana del terreny.	[W/m.K]	1,93
Capacitat calorífica mitjana del terreny.	[MJ/m <sup>3</sup> .K]	2.400
Temperatura mitjana del terreny.	[°C]	16,7
Longitud de perforació.	[m]	20.550
Diàmetre de perforació.	[mm]	122
Espaiat de perforacions.	[m]	6
Tipus de sonda.	[-]	U-simple
Canonada O, diàmetre exterior.	[mm]	40
Canonada O, grossor de la paret.	[mm]	3,7
Canonada O, material.	[-]	PE
Conductivitat de farcit.	[W/m.K]	1,9
Fluït de transport de calor .	[-]	Aigua



# PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## ➤ INVESTIGACIÓ CARACTERÍSTIQUES TERRENY

### ➤ A).- SITUACIÓ INICIAL

- TUBKAL (empresa local), per dificultats terreny, decideix fer sondeig només a 75 m, obtenint-se una conductivitat de  $\lambda = 1,4 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ .

### ➤ B).- PERFORACIÓ PROVA TERMOTERRA

- Perforacions fins a 146 m.
- El nivell piezomètric de l'aigua s'estabilitza a 16m de profunditat.
- Es determina que a partir 75m la conductivitat és molt millor (existència de graves i bona permeabilitat i transmissivitat hidràulica).
- Es decideix que la profunditat serà de 146 m.

# PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## ➤ INVESTIGACIÓ CARACTERÍSTIQUES TERRENY

### ➤ C).- ASSAIG DE RESPOSTA GEOTÈRMICA

- S'escull una sonda amb situació central en l'obra.
- S'introdueix una sonda en "U", en sonda 122 mm de diàmetre total.
- S'introdueix 6.000 W de potència durant 70 hores.
- Com a resultat de la prova , es determina el coeficient de conductivitat tèrmica, per mitjà del mètode de Teoria de la Font de la Línia de Kelvin, la qual resulta ser de:

$$\lambda = 1,93 \text{ W/m}^\circ\text{K}.$$

- Aquest resultat, major en un 30% de l'obtingut en les proves preliminars confirma la decisió de fer sondeigs més profunds.

# PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET

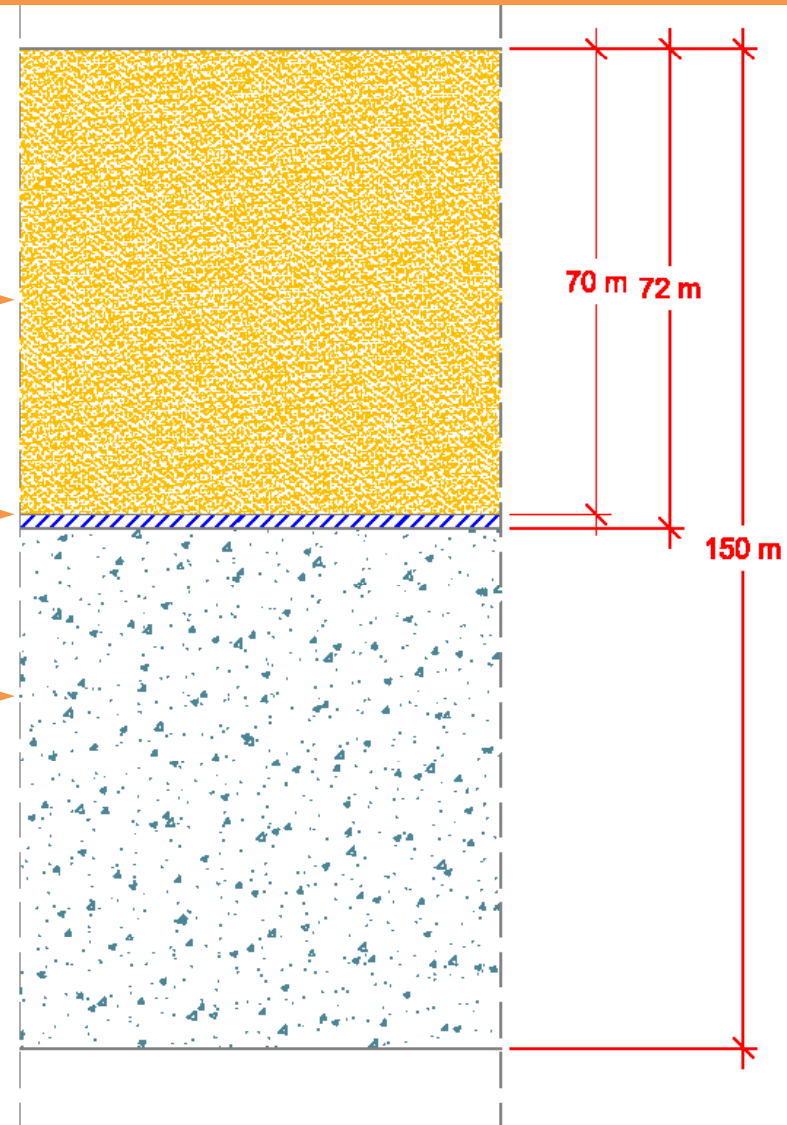
## ➤ PERFIL DEL SÒL:

### Columna litològica:

- 0 a 70-72 m. Argila, sorra fina llimosa, de compacitat mitjana a alta.
- 70-72m Nivell aigües subterrànies confinades.
- 70 – 150 m. Nivell de graves , molt fines sorrenques , lleugerament argilós.

### •Tipus de sòl:

- Sòl dendrític.
- Nivell piezomètric: 16m.
- Temperatura mitjana del sòl: 16°C.
- Conductivitat tèrmica mitjana: 1,93 W/m·K



# PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## ➤ SIMULACIÓ 3D SONDEIG

### OBJECTIU:

A partir del registre de conductivitat registrat i del perfil de carreges de l'hospital es determina el gràfic de temperatures al camp de sondeigs:

### DADES ENTRADA A LA SIMULACIÓ:

Perfil de càrrega

	CALEFACCIÓ	REFRIGERACIÓ
CARREGA TOTAL(H)	1.500	1.500
CAPACITAT (KW)	1200	1.030
COP	4	3
POTÈNCIA (SÒL)	900 KW	1.373 KW
ENERGIA (EXTRETA-DISSIPADA SÒL) (KW·H)	1.350.000	2.060.000

### Coeficient de difusió tèrmica resultant.

Longitud de pous perforats : 20.000 m.

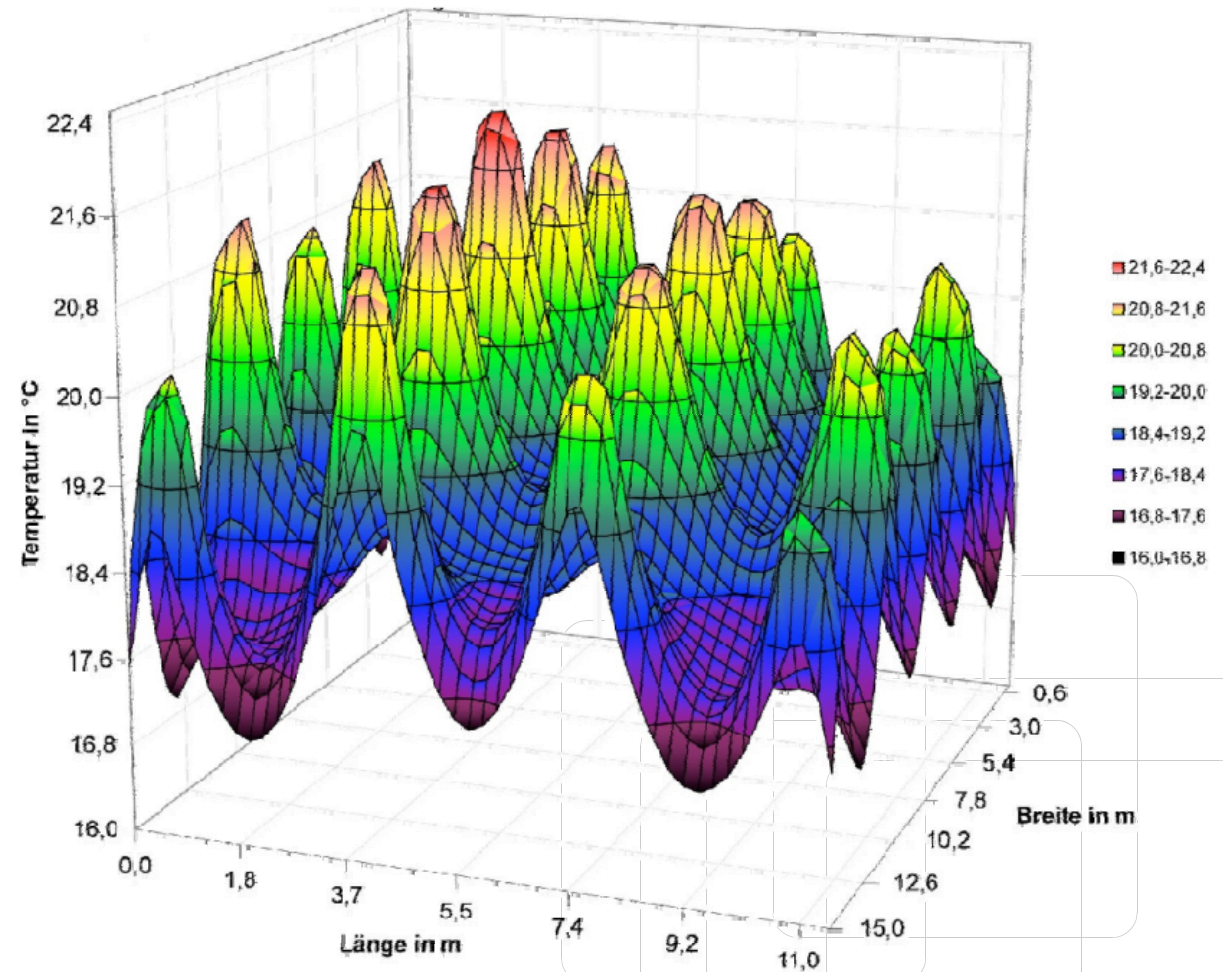
Potència obtinguda de bescanvi: 1.200kW .

Potència difusió tèrmica: **60W/m.**

# PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## ➤ SIMULACIÓ 3D SONDEIG

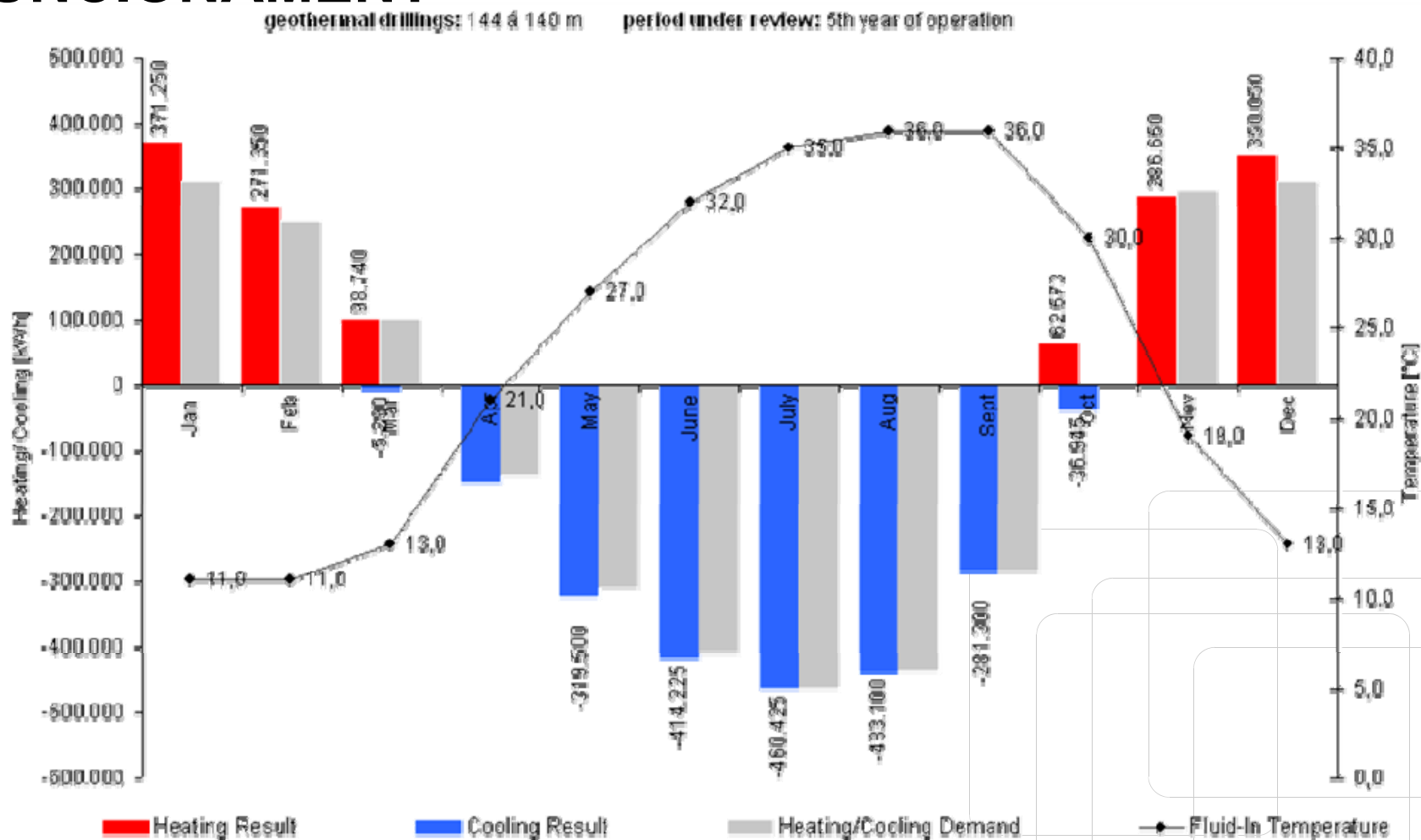
RESULTAT SIMULACIÓ:



En la figura s'observa el resultat gràfic de la simulació de temperatures en el camp de sondeigs.

# PROCÉS I PARÀMETRES RELLEVANTS EN LA CONSTRUCCIÓ DEL NOU HOSPITAL DE MOLLET

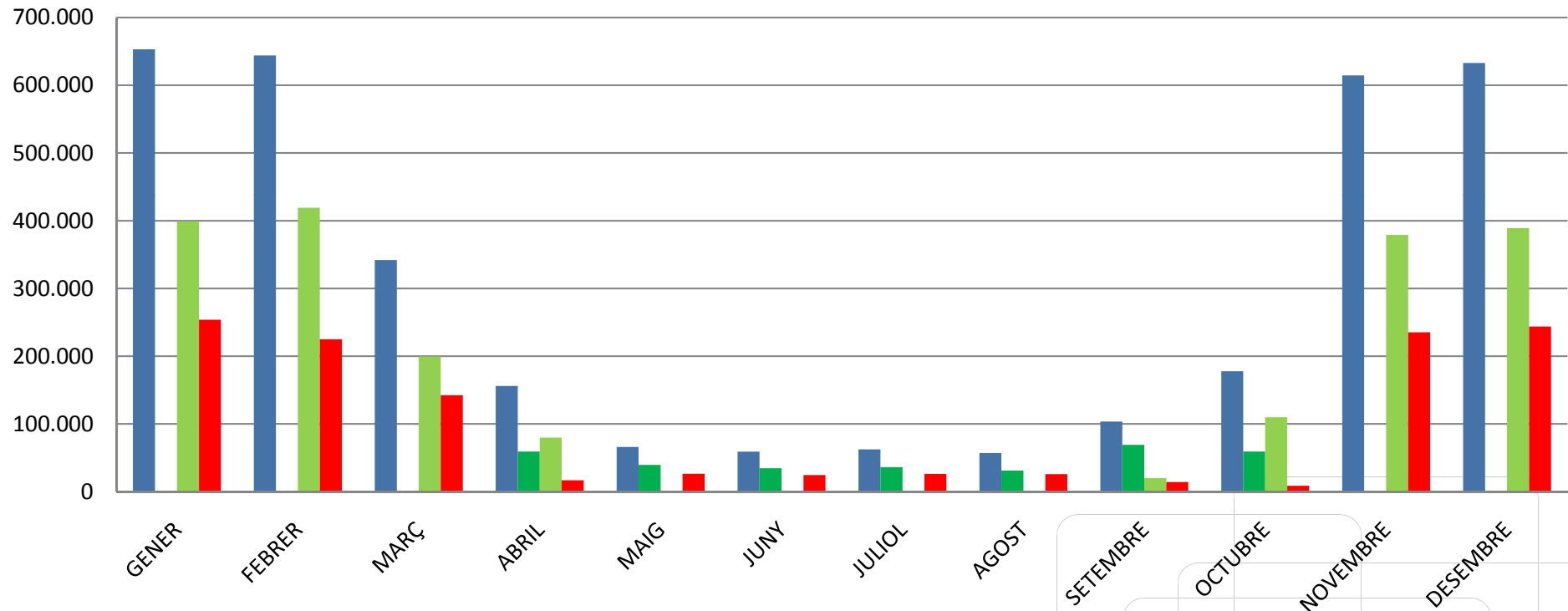
## ➤ SIMULACIÓ RENDIMENT AL CINQUÈ ANY DE FUNCIONAMENT



Potències de calefacció i refrigeració en KW·h i temperatura d'entrada pel cinquè any.

# BALANÇ D'ENERGIES ESTIMAT AL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## DEMANDA MENSUAL DEL BALANÇ D'ENERGIA TÈRMICA PER CALEFACCIÓ I A.C.S.



■ Requeriments Tèrmics (kWh)

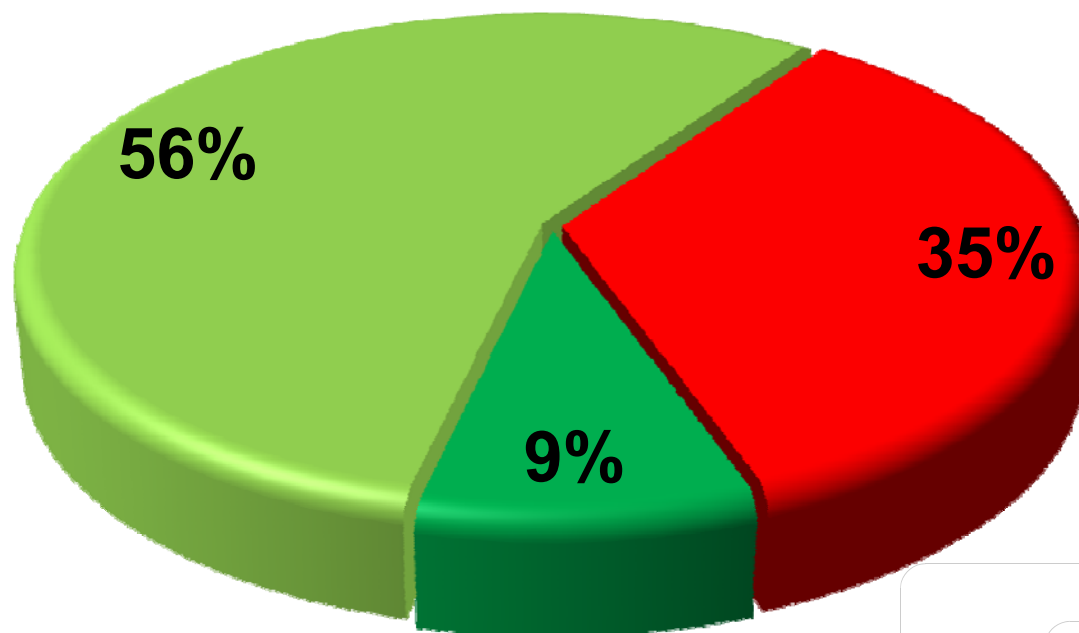
■ Energia Tèrmica GRATUÏTA per recuperació aportada pel Sistema Geotèrmic (kWh)

■ Energia Tèrmica aportada per Bomba de Calor Geotèrmia (kWh)

■ Energia Tèrmica aportada per Calderes (kWh)

# BALANÇ D'ENERGIES ESTIMAT AL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## APORTACIONS CALORÍFIQUES ACUMULADES ANUALS

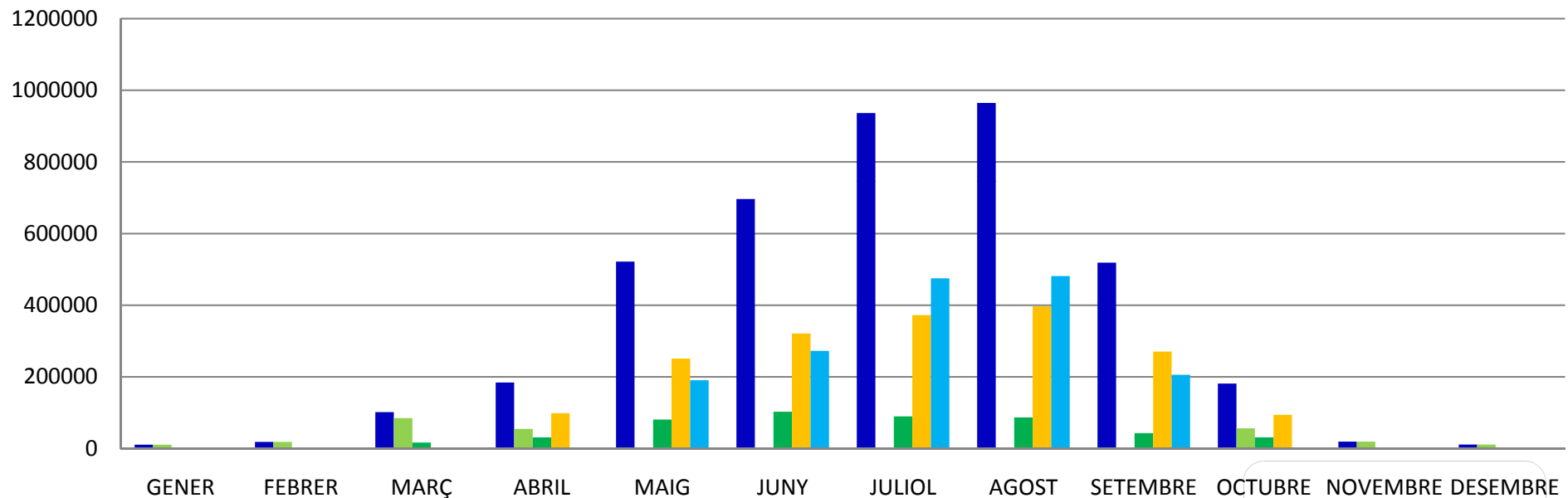


- Total Energia Renovable GRATUÏTA per recuperació (kWh)
- Energia Tèrmica aportada per Bomba de Calor Geotèrmia (kWh)
- Energia Tèrmica aportada per Calderes (kWh)



# BALANÇ D'ENERGIES ESTIMAT AL NOU HOSPITAL DE MOLLET

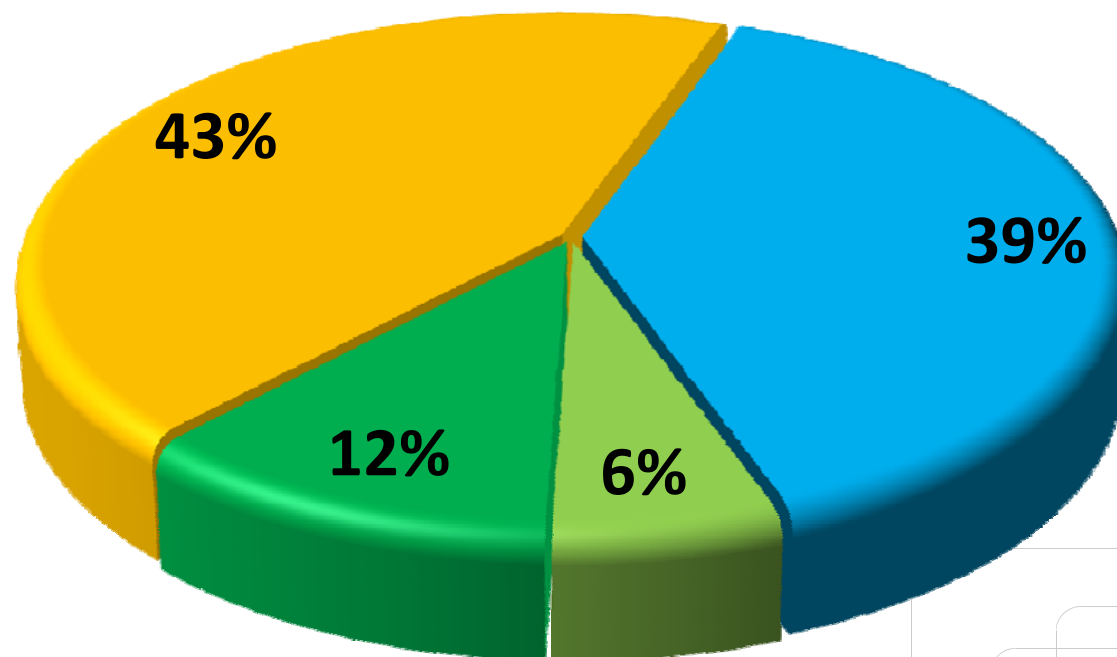
## DEMANDA MENSUAL DEL BALANÇ D'ENERGIA FRIGORÍFICA



- Requeriments d'Energia Frigorífica (kWh/mes)
- Energia Frigorífica GRATUÏTA per recuperació aportada pel Sistema Geotèrmic (kWh)
- Energia Frigorífica DIRECTE aportada pel Sistema Geotèrmic (kWh)
- Energia Frigorífica aportada per Bomba de calor Geotèrmia (kWh)
- Energia Frigorífica aportada per Refredadores (kWh)

# BALANÇ D'ENERGIES ESTIMAT AL NOU HOSPITAL DE MOLLET

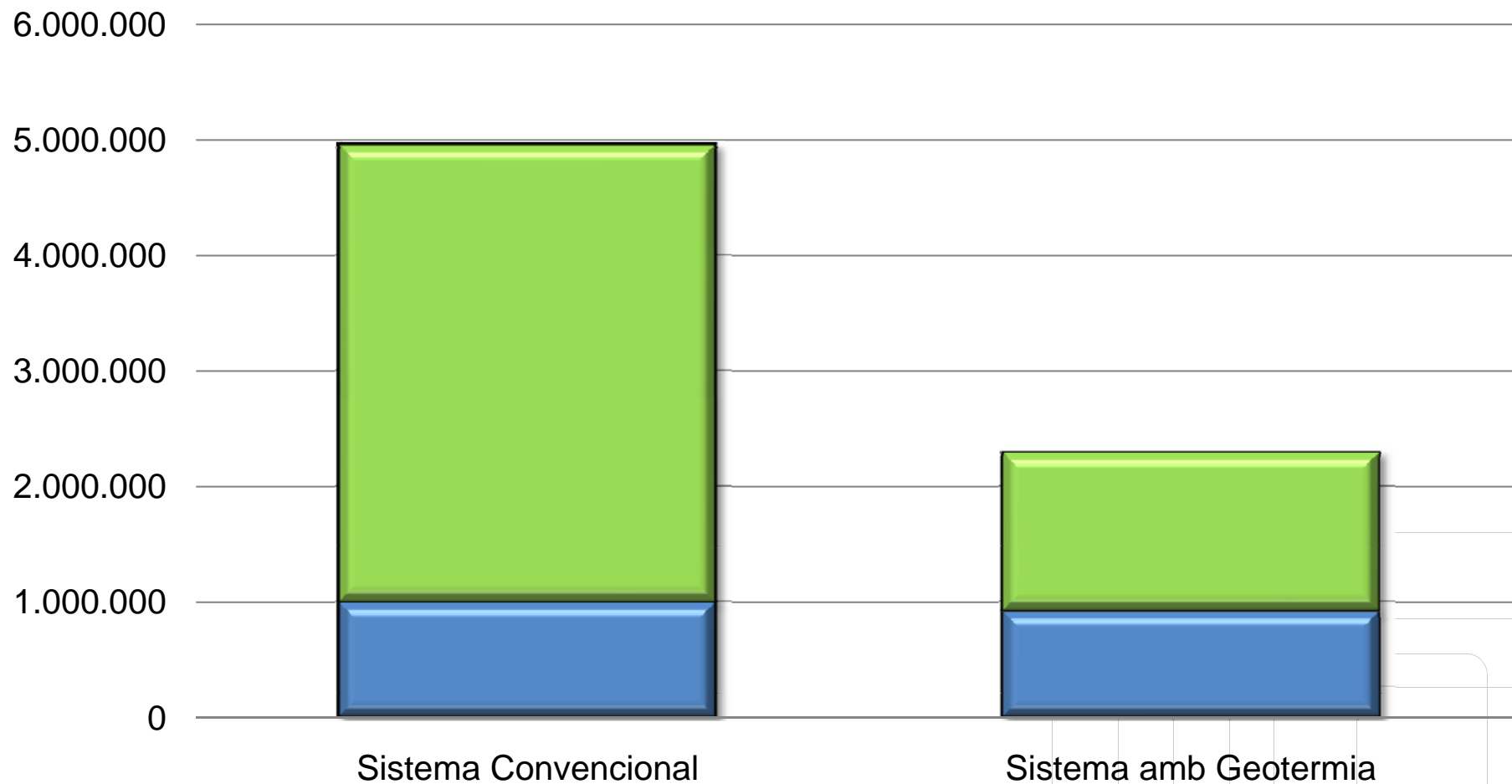
## APORTACIONS FRIGORÍFIQUES ACUMULADES ANUALS



- Energia Frigorífica GRATUÏTA per recuperació aportada pel Sistema Geotèrmic (kWh)
- Energia Frigorífica DIRECTE aportada pel Sistema Geotèrmic (kWh)
- Energia Frigorífica aportada per Bomba de calor Geotèrmia (kWh)
- Energia Frigorífica aportada per Refredadores (kWh)

# BALANÇ D'ENERGIES ESTIMAT AL NOU HOSPITAL DE MOLLET

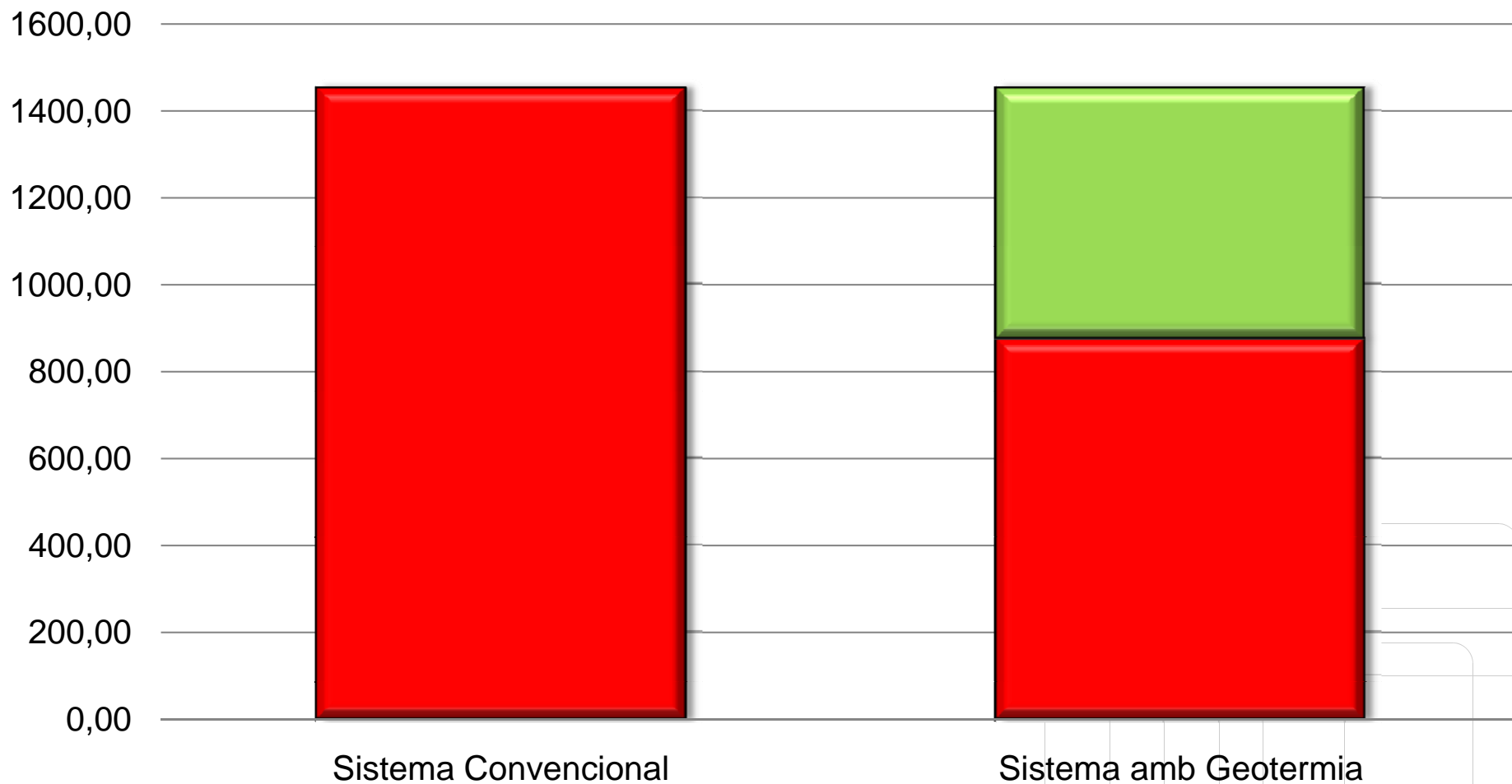
CONSUM ENERGÈTIC DE L'HOSPITAL (kWh/any)



■ Consum d'Electricitat kW/h/any ■ Consum de Gas Natural kWht/any

# BALANÇ D'ENERGIES ESTIMAT AL NOU HOSPITAL DE MOLLET

## EMISIONS DE CO2 DE CALDERES DE L'HOSPITAL (Tn/any)

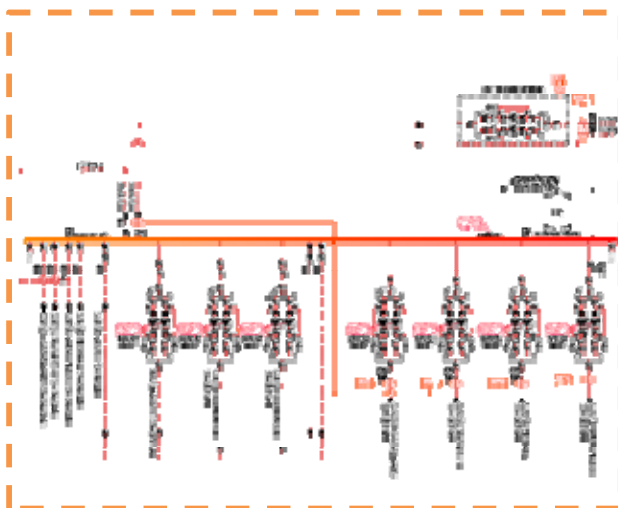


■ Emisions de CO2 (Tn/any)

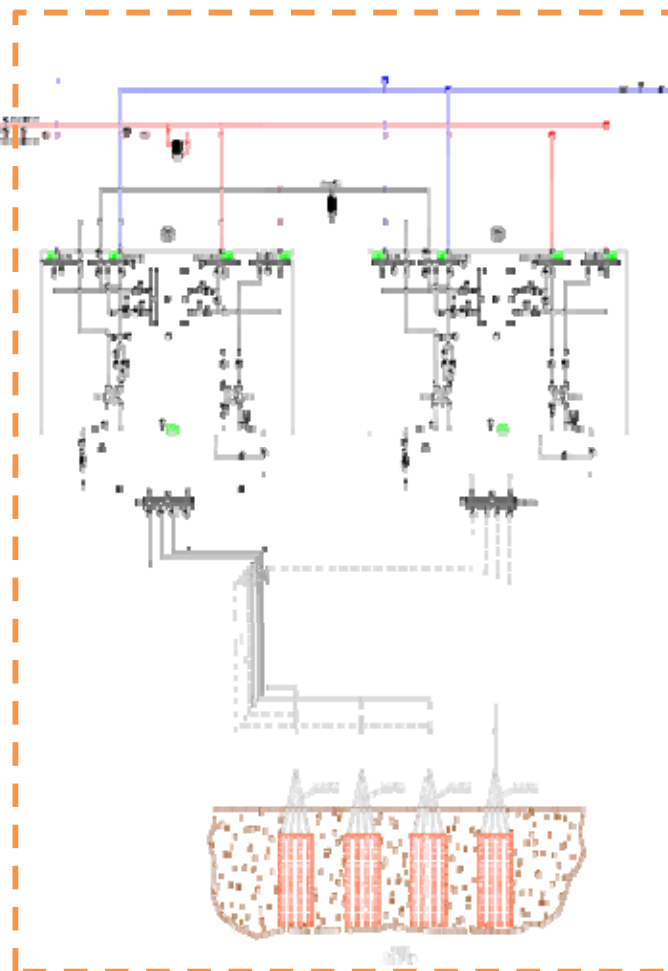
■ Estalvi emisions de CO2 (Tn/any)

# SISTEMA DE GESTIÓ DE L' APROFITAMENT GEOTÈRMIC AL NOU HOSPITAL DE MOLLET

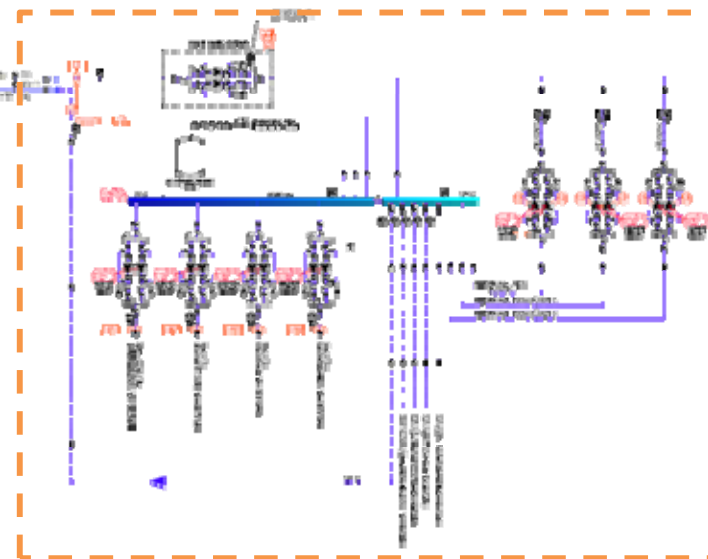
## ➤ ESQUEMA HIDRÀULIC DE CLIMATITZACIÓ



**INSTAL·LACIÓ  
CONVENCIONAL DE  
CALOR DE  
CLIMATITZACIÓ**



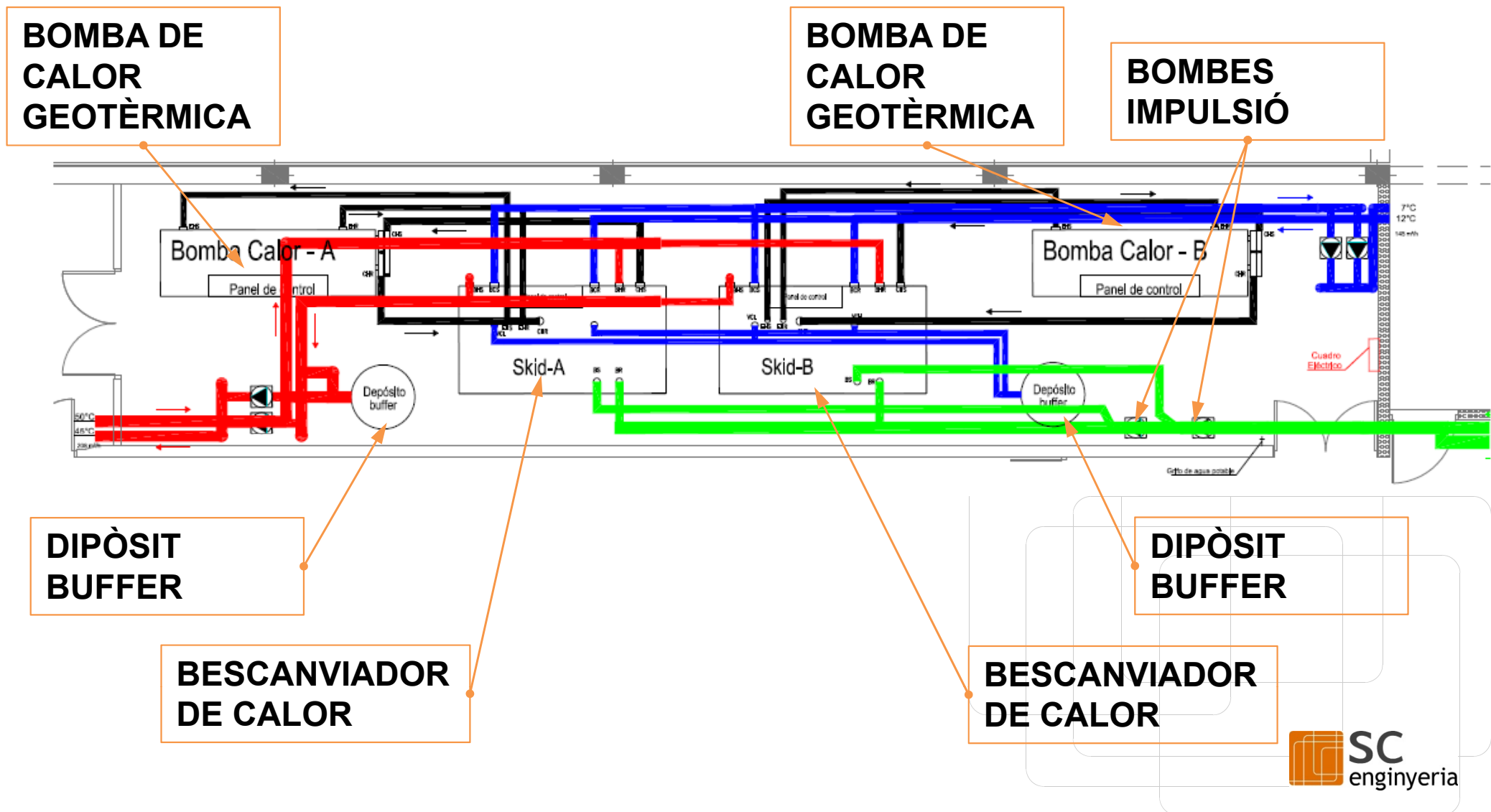
**INSTAL·LACIÓ  
GEOTÈRMICA**



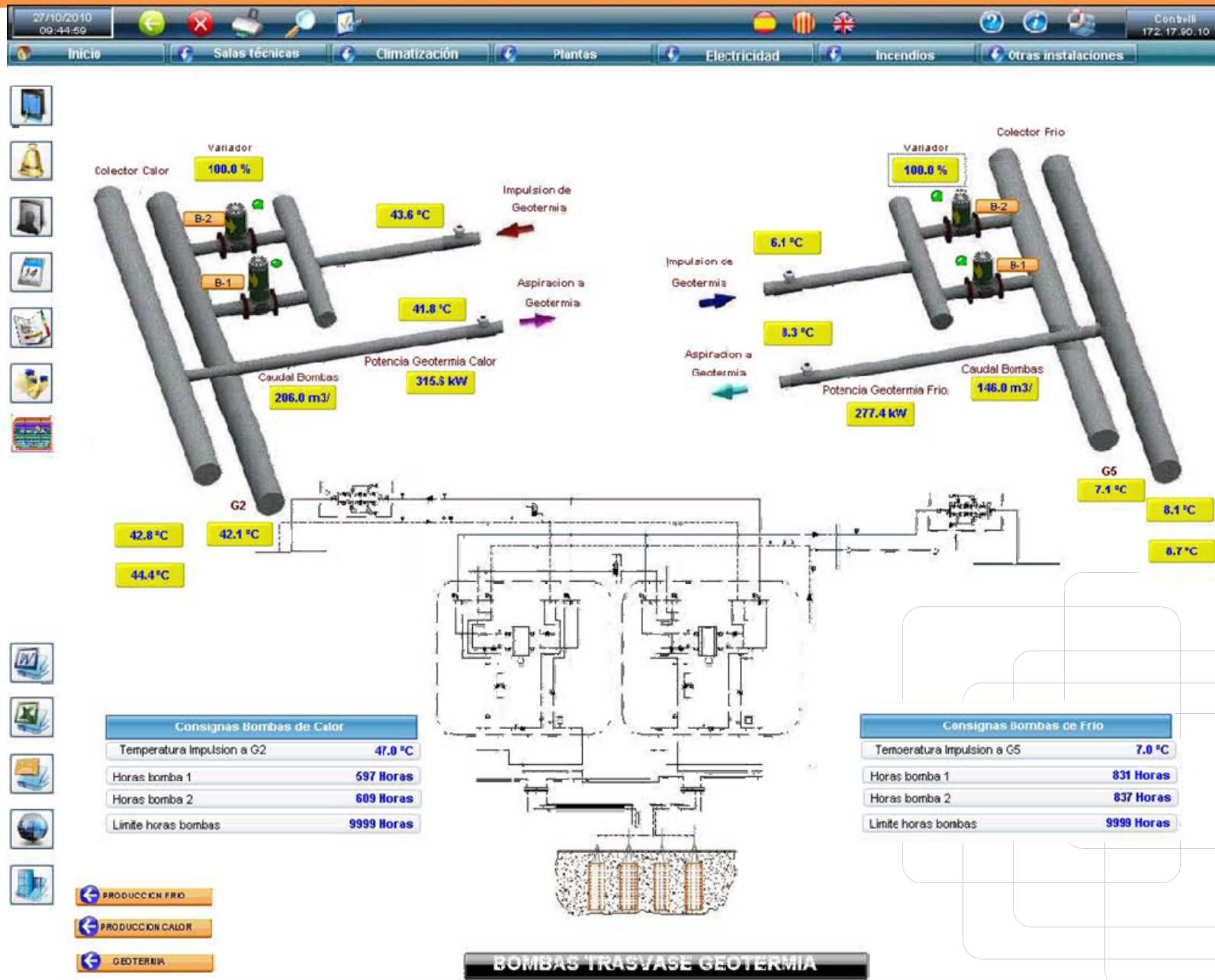
**INSTAL·LACIÓ  
CONVENCIONAL DE FRED  
DE CLIMATITZACIÓ**

# SISTEMA DE GESTIÓ DE L' APROFITAMENT GEOTÈRMIC AL NOU HOSPITAL DE MOLLET

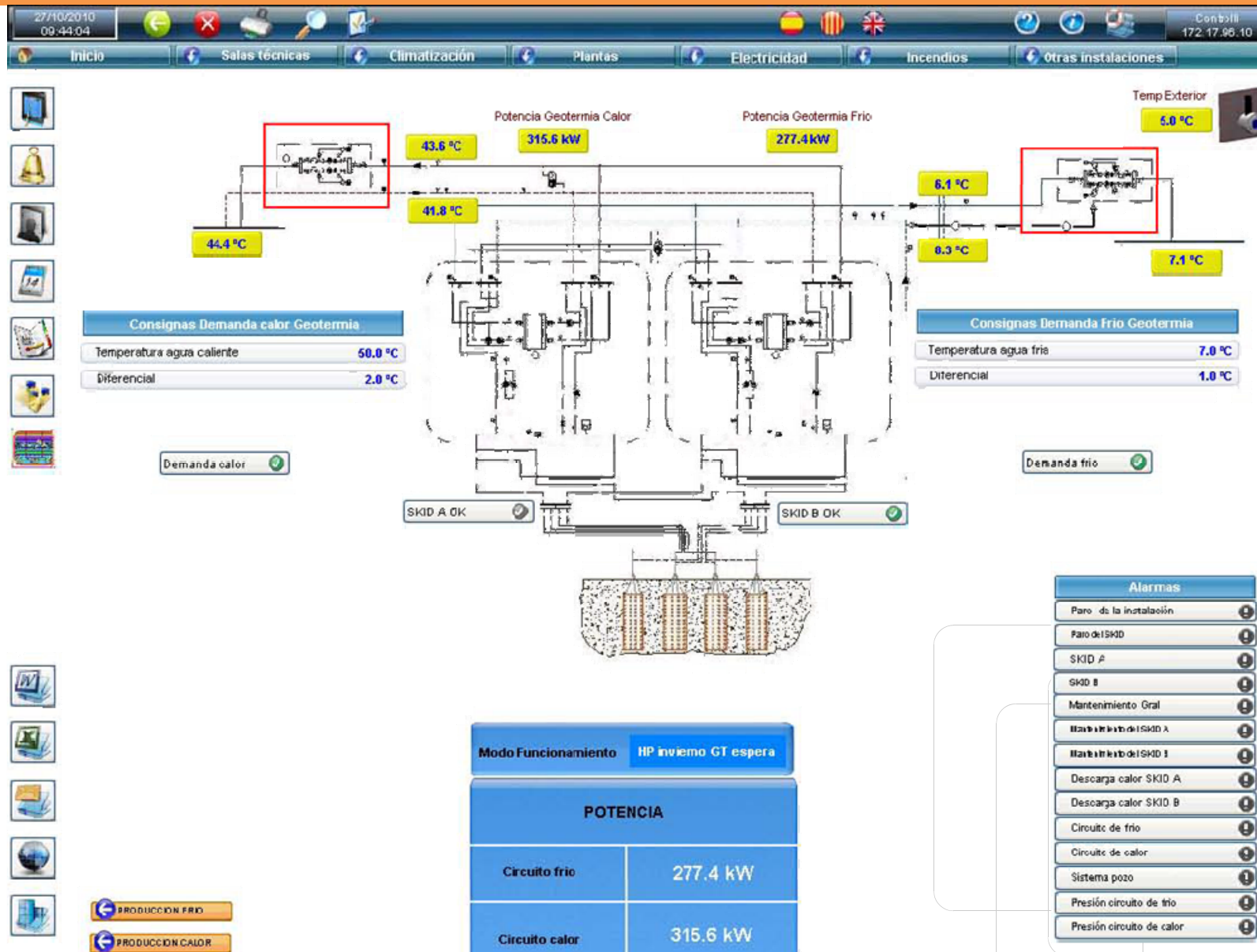
## ➤ SALA TÈCNICA GEOTÈRMIA



# SISTEMA DE GESTIÓ DE L' APROFITAMENT GEOTÈRMIC AL NOU HOSPITAL DE MOLLET



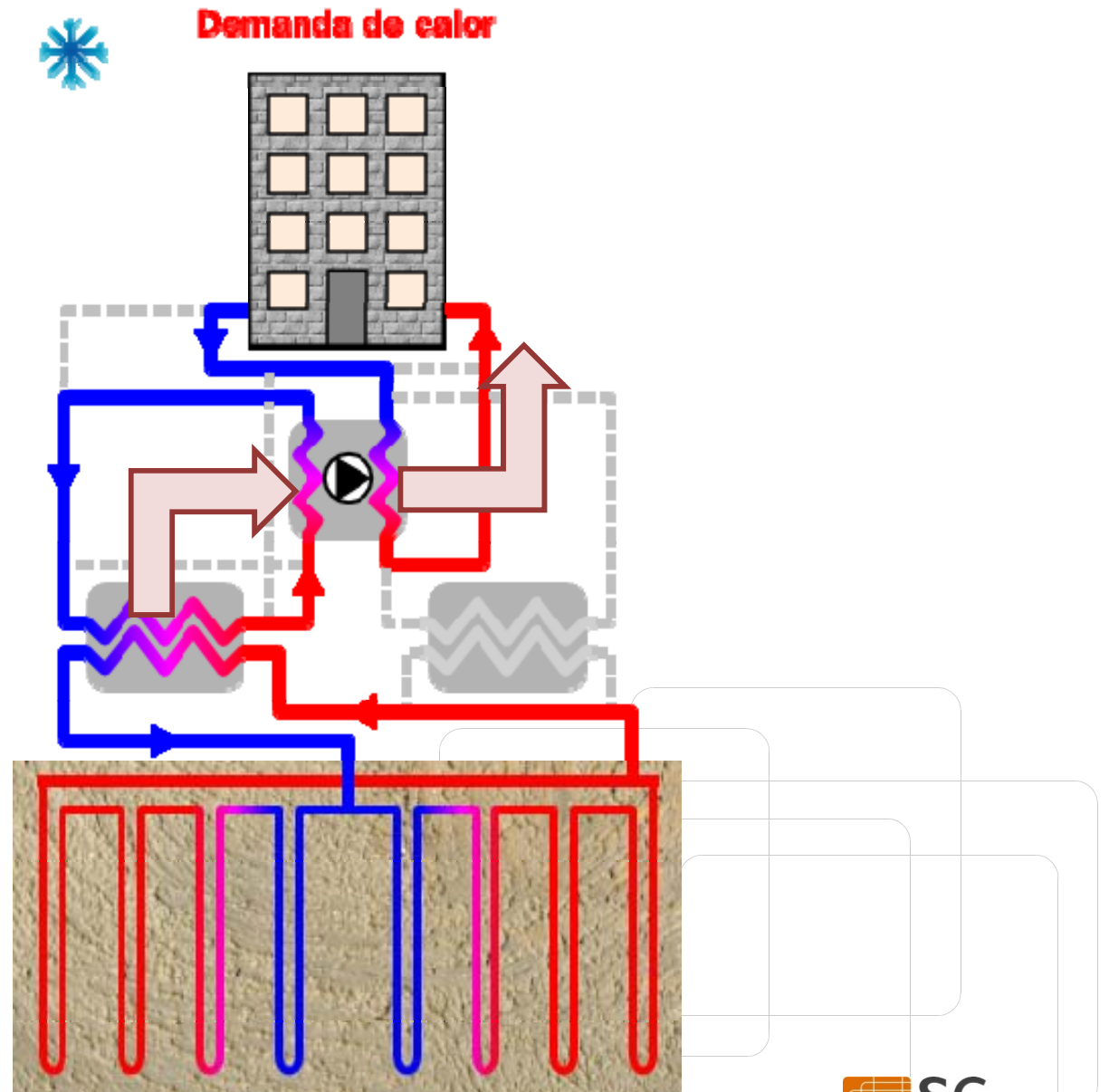
# SISTEMA DE GESTIÓ DE L' APROFITAMENT GEOTÈRMIC AL NOU HOSPITAL DE MOLLET





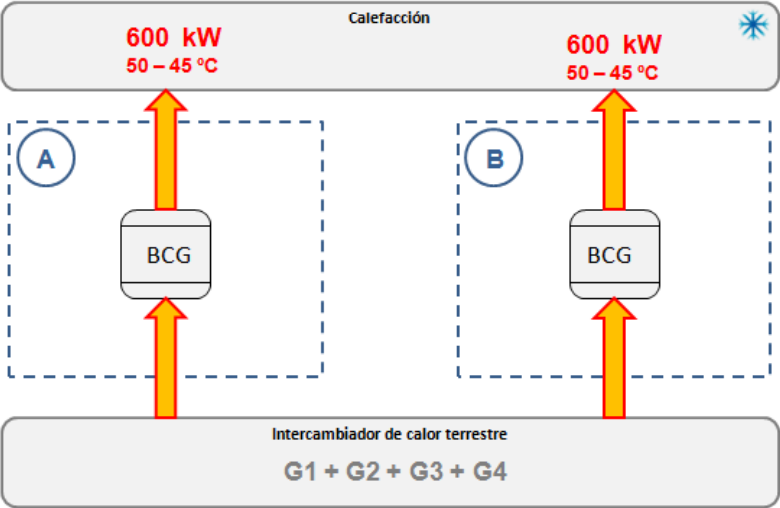
# ESQUEMES DE FUNCIONAMENT GEOTÈRMIC

## Esquema funcionament Calefacció

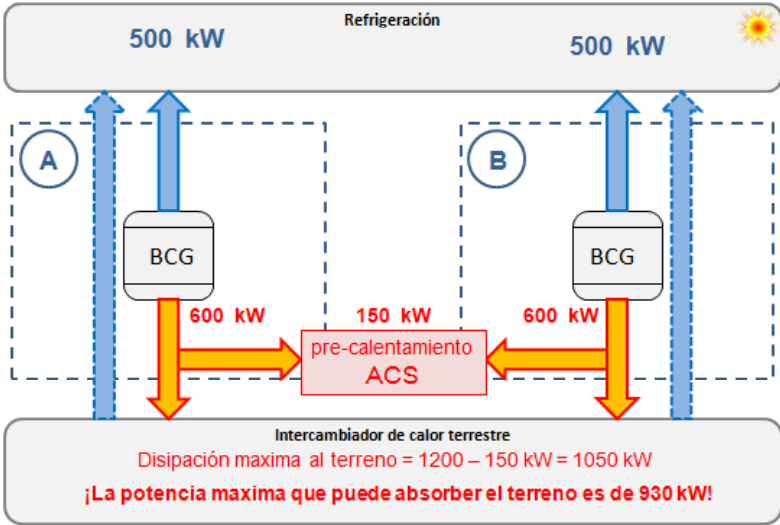


# ESQUEMES DE FUNCIONAMENT GEOTÈRMIC

## ESQUEMA CALEFACCIÓ



## ESQUEMA REFRIGERACIÓ



# II JORNADA DEL FÒRUM D'ASSOCIATS COL-LABORADORS L'HOSPITAL SOSTENIBLE



Gràcies per la seva atenció