



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



giz



Tecnologías de Usos Directos

La Geotermia en el ámbito académico

Fecha:23-10-2019



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

giz



La mies es mucha y los obreros pocos,
rogad pues al Señor de la mies que envíe
mas obreros a su mies.

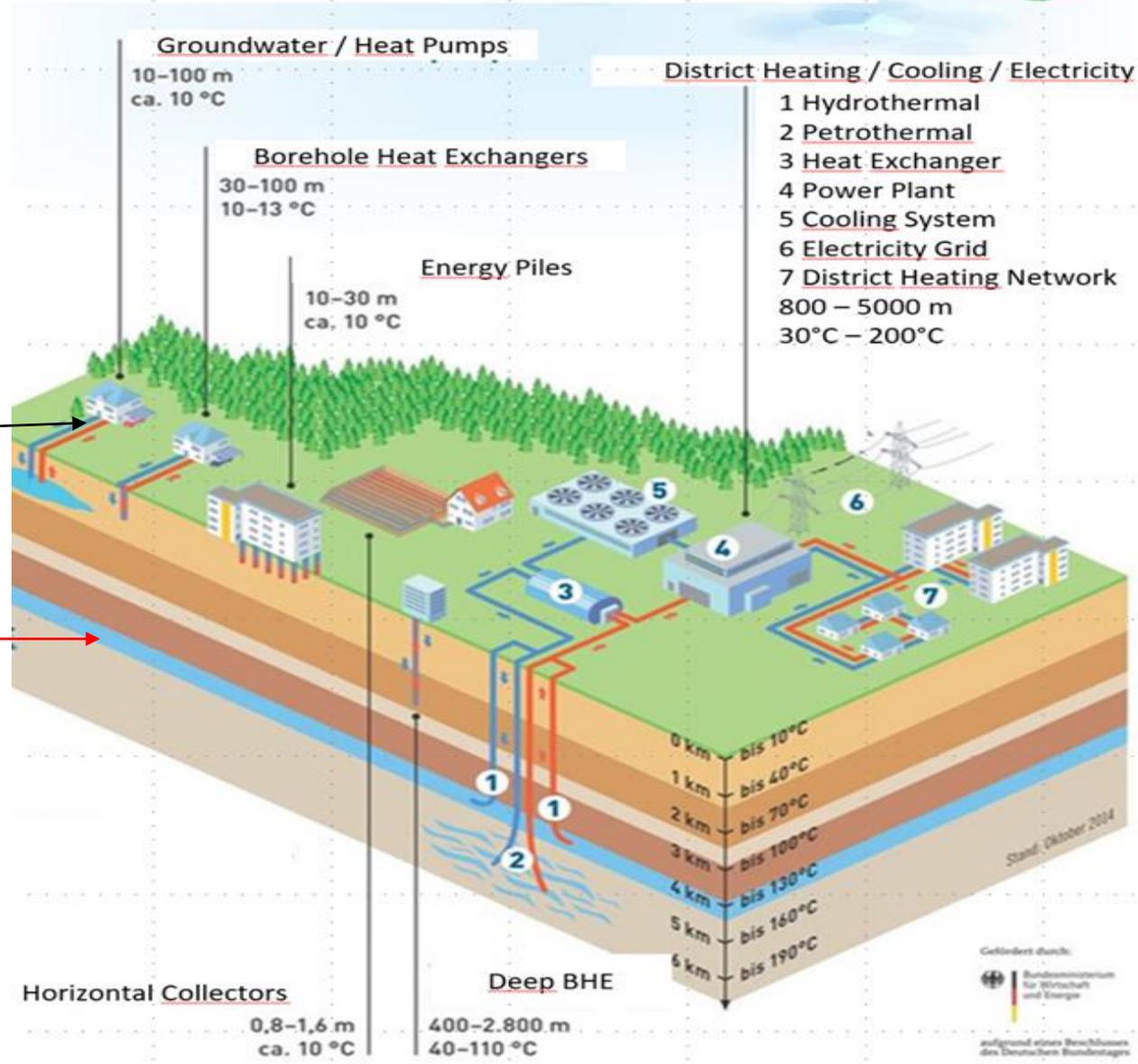
Low Enthalpy Uses from shallow and deep resources Technologies, Depths and Temperature



Equipos y Tecnología para Aplicaciones Directas

Instalaciones Superficie

Instalaciones Subsuelo



Los sistemas múltiples para usos directos y en cascada son conocidos y se han establecido en el mercado.

Su aplicación consiste en el tamaño de la infraestructura y la calidad de la energía necesaria:

enfriamiento, calefacción, electricidad, o una combinación .

ACTIVIDADES COMERCIALES



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

giz



Equipos y
Tecnología para
Aplicaciones
Directas

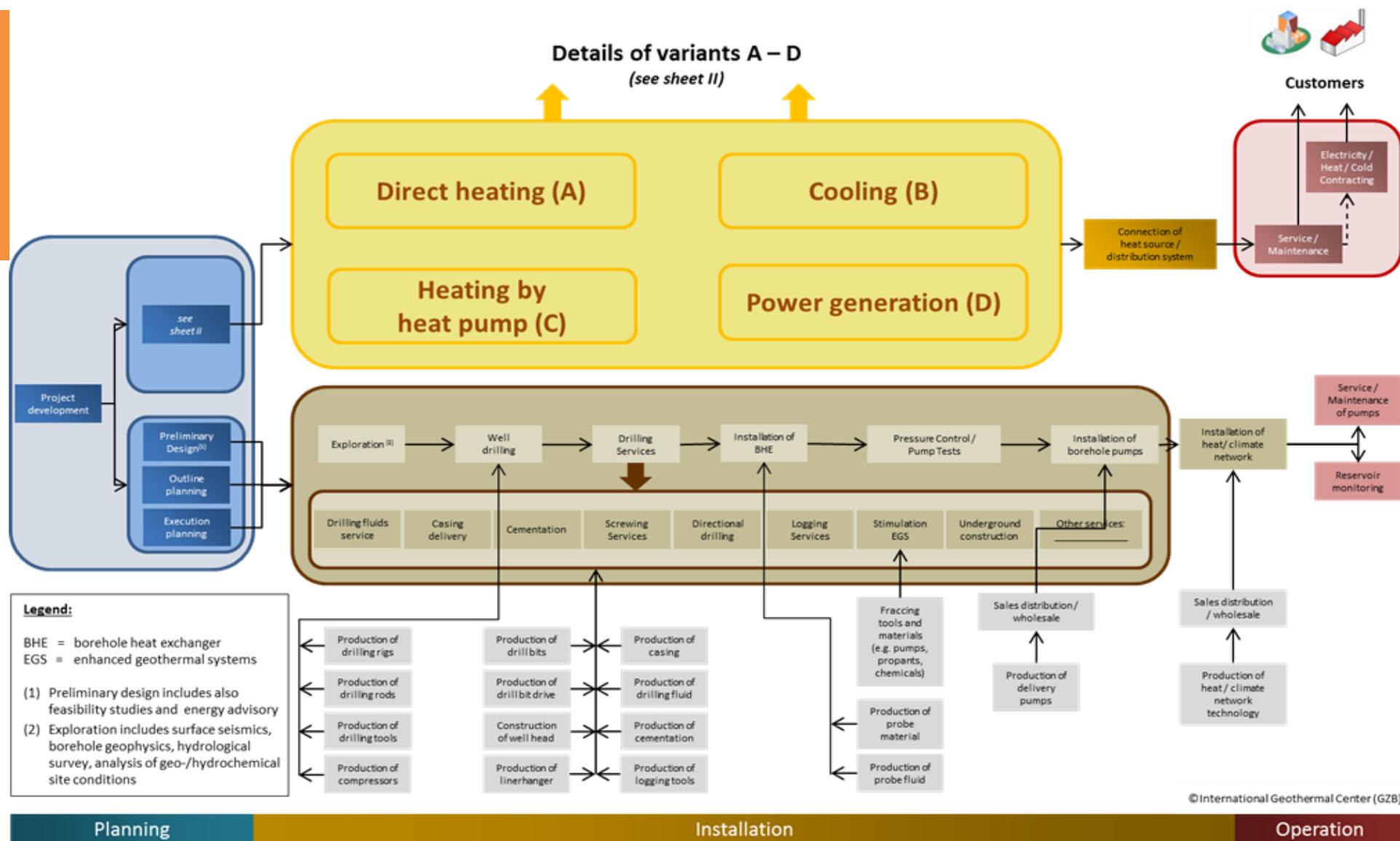
Planificación

Instalación,
incluyendo la
producción,

operación y
uso por parte
del cliente

Value chain deep geothermal energy systems (I)

Equipos y Tecnología para Aplicaciones Directas





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

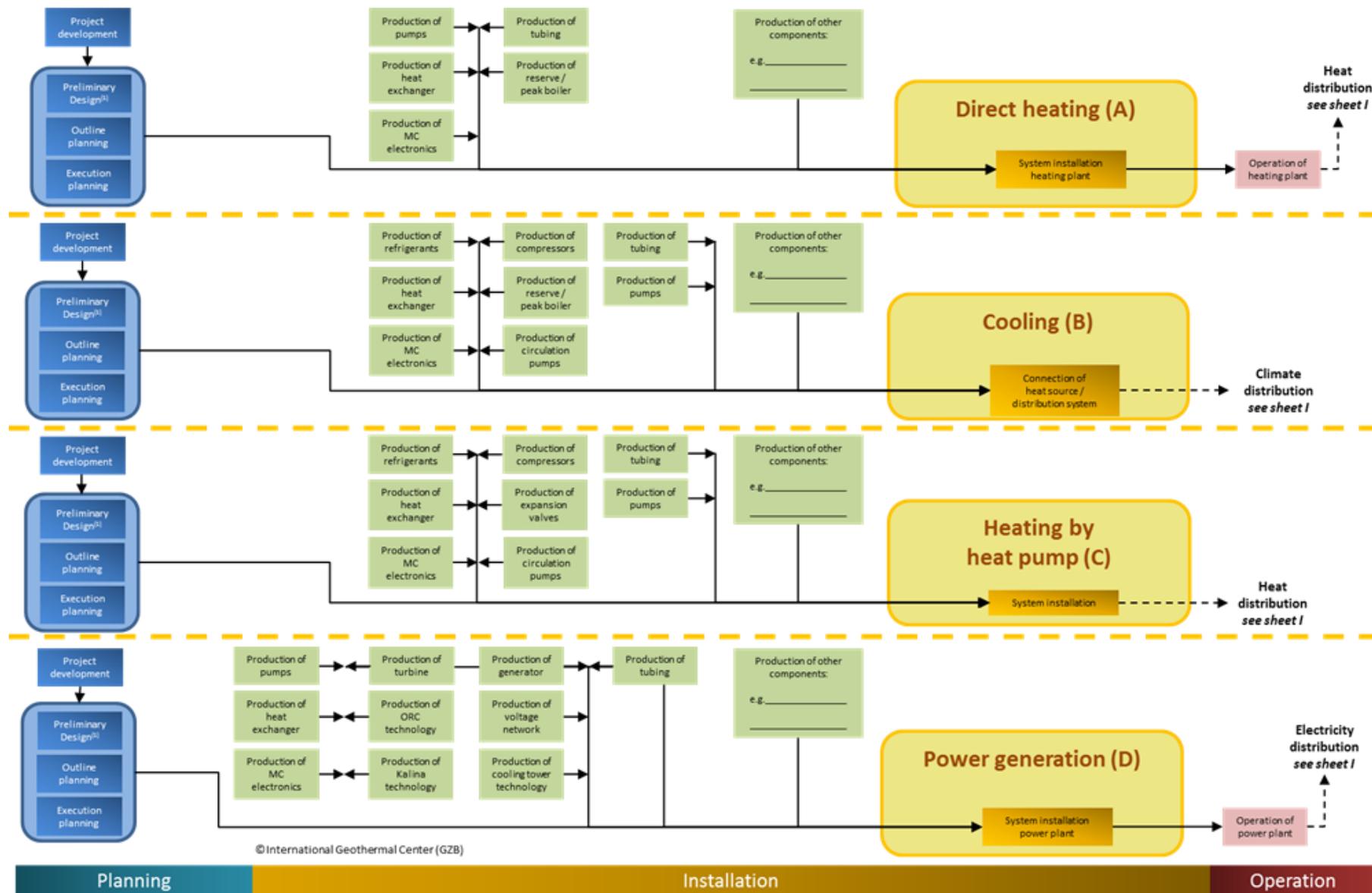


BGR giz



Value chain deep geothermal energy systems (II)

Equipos y Tecnología para Aplicaciones Directas





UNAH



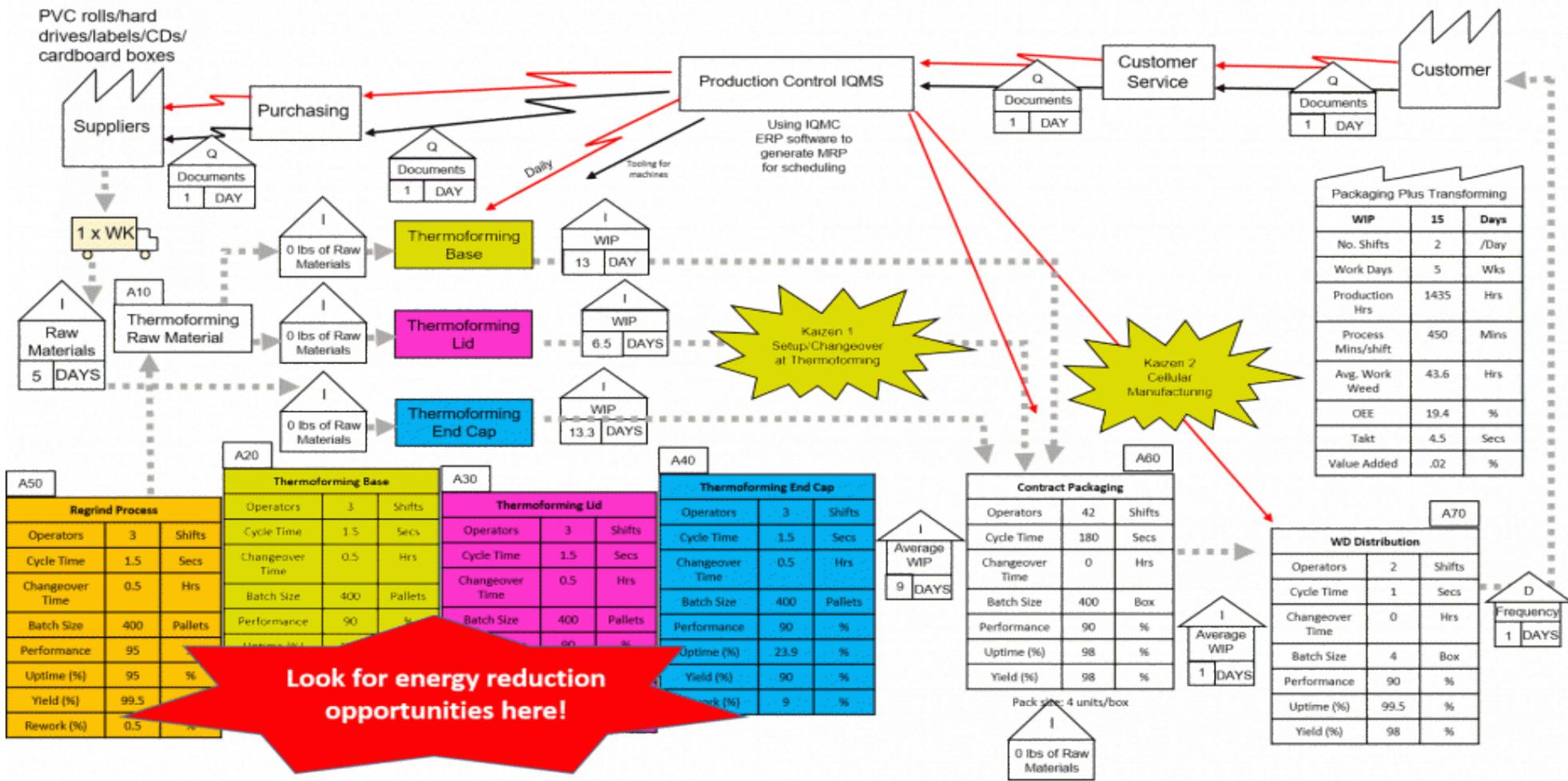
BGR giz



MAPA DE LA CADENA DE VALOR APLICADO A LA ENERGIA

Example Value Stream Map (Figure 3)

Equipos y Tecnología para Aplicaciones Directas



La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia

Entalpía [J]

Calor presente a presión constante; dimensión de la energía

La entalpía h , antes también contenido de calor, de un sistema termodinámico es la suma de la *energía interna* U del sistema y el producto de la *presión* p y el *volumen* V del sistema:

$$h = U + p V$$

La entalpía de un sistema global es la suma de las entalpías de los subsistemas.

Entropía [J/K]

Cantidad física que caracteriza la dirección de un proceso térmico

La **entropía** S presente en un **sistema aumenta con la absorción** y **disminuye con la liberación de calor**, o aumenta debido a procesos espontáneos dentro del sistema como la mezcla, la conducción de calor o la reacción química. La entropía también ocurre cuando la energía mecánica se convierte en energía térmica por fricción.

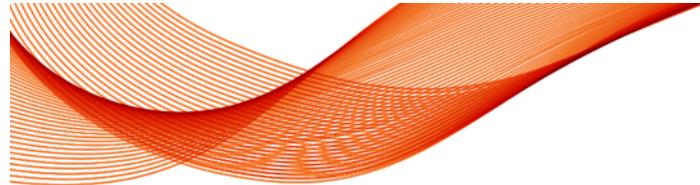


UNAH
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

giz



La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia

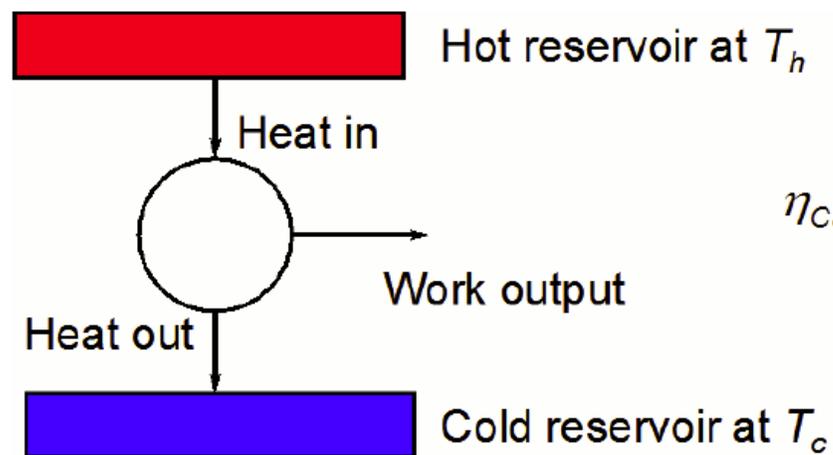


Eficiencia de Carnot

La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia

- La eficiencia de Carnot se utiliza a menudo para hablar de las centrales geotérmicas y de los motores térmicos en general. Las plantas binarias, únicas entre los tipos de conversión geotérmica, existen en ciclos de energía cerrados. Como tal, las definiciones del ciclo de potencia se consideran a menudo el mecanismo más apropiado para categorizar la eficiencia binaria.
- Con $dq = T ds$ (2da Ley) la Eficiencia de Carnot se define por

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - (T_{\text{out}} / T_{\text{in}})$$

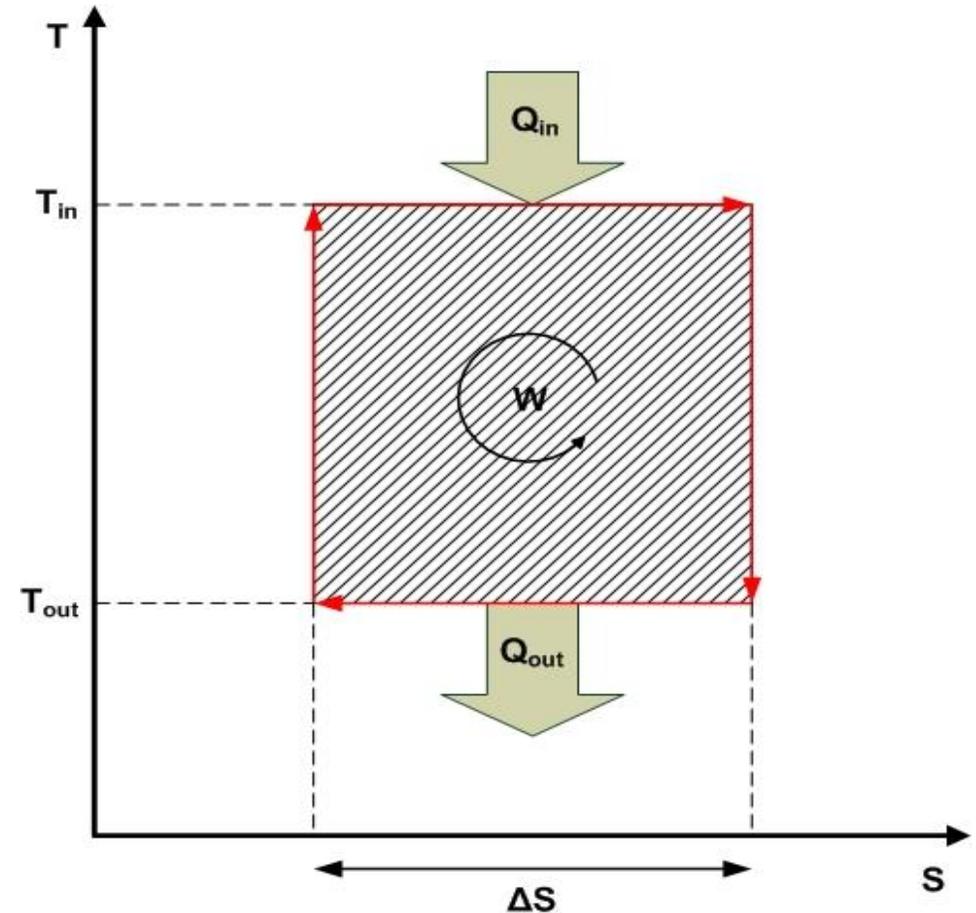


$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

Ciclo de Carnot

La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia

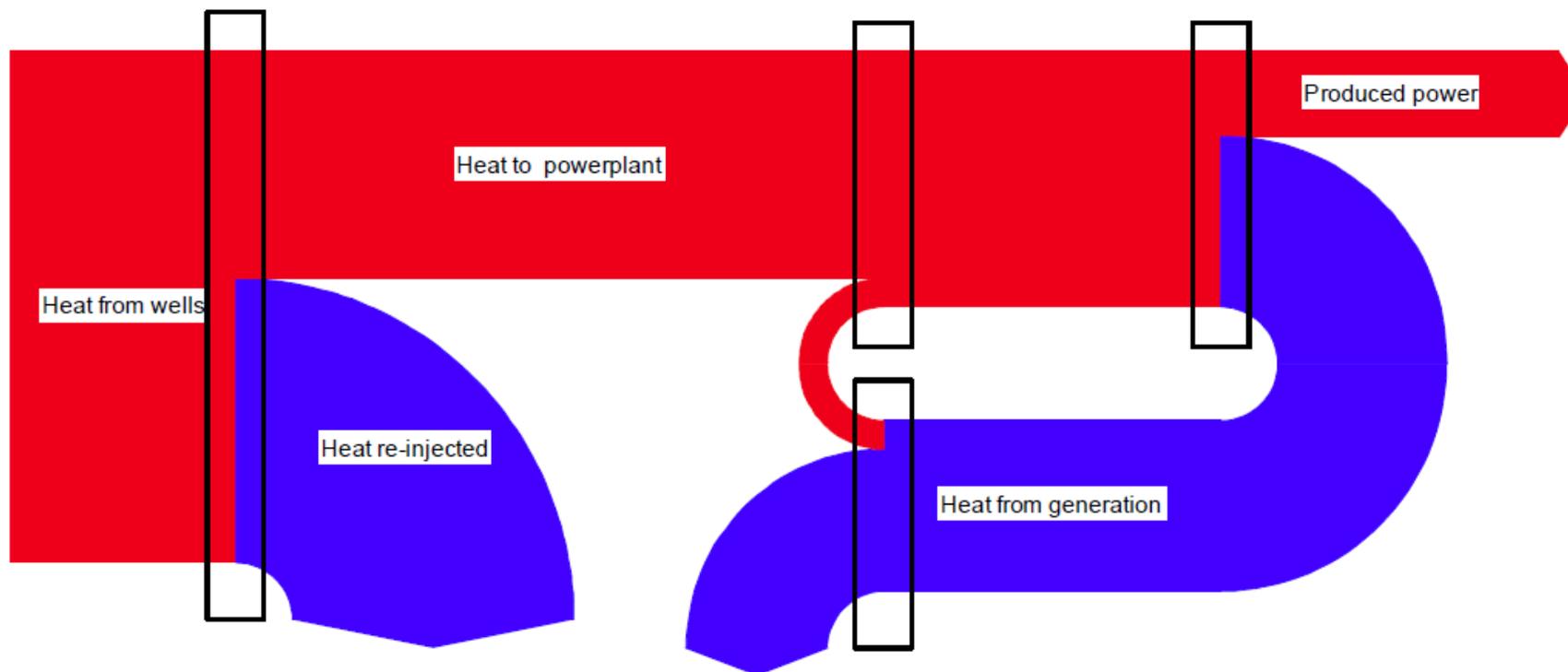
- Un motor ideal y sin fricción en un ciclo de potencia cerrado se conoce como ciclo Carnot.
- Un ciclo Carnot involucra cuatro procesos y representa la máxima eficiencia de la Primera Ley posible en un sistema específico.
- Un motor Carnot es reversible y funciona en un ciclo, con todos sus intercambios de calor que tienen lugar en las fuentes de temperatura y las pérdidas de temperatura..
- Un motor que funciona entre dos límites de temperatura de calor nunca puede exceder la eficiencia de Carnot. Incluso un motor ideal, sin fricción, no puede convertir el 100% de su calor de entrada en trabajo.



Definiciones de eficiencia

La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia

- La **eficiencia** es la relación entre la entrada y la salida, una medida del rendimiento del proceso. Hay muchas posibilidades de definir la entrada y la salida, pero la definición más estándar de eficiencia es la eficiencia térmica de la central eléctrica.
- La **eficiencia térmica se considera como la relación entre la potencia producida y el calor transferido a la central eléctrica**. La **eficacia es la relación entre el calor transferido a la central eléctrica y el calor disponible en los pozos**.





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Eficiencia térmica de las centrales eléctricas

La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia

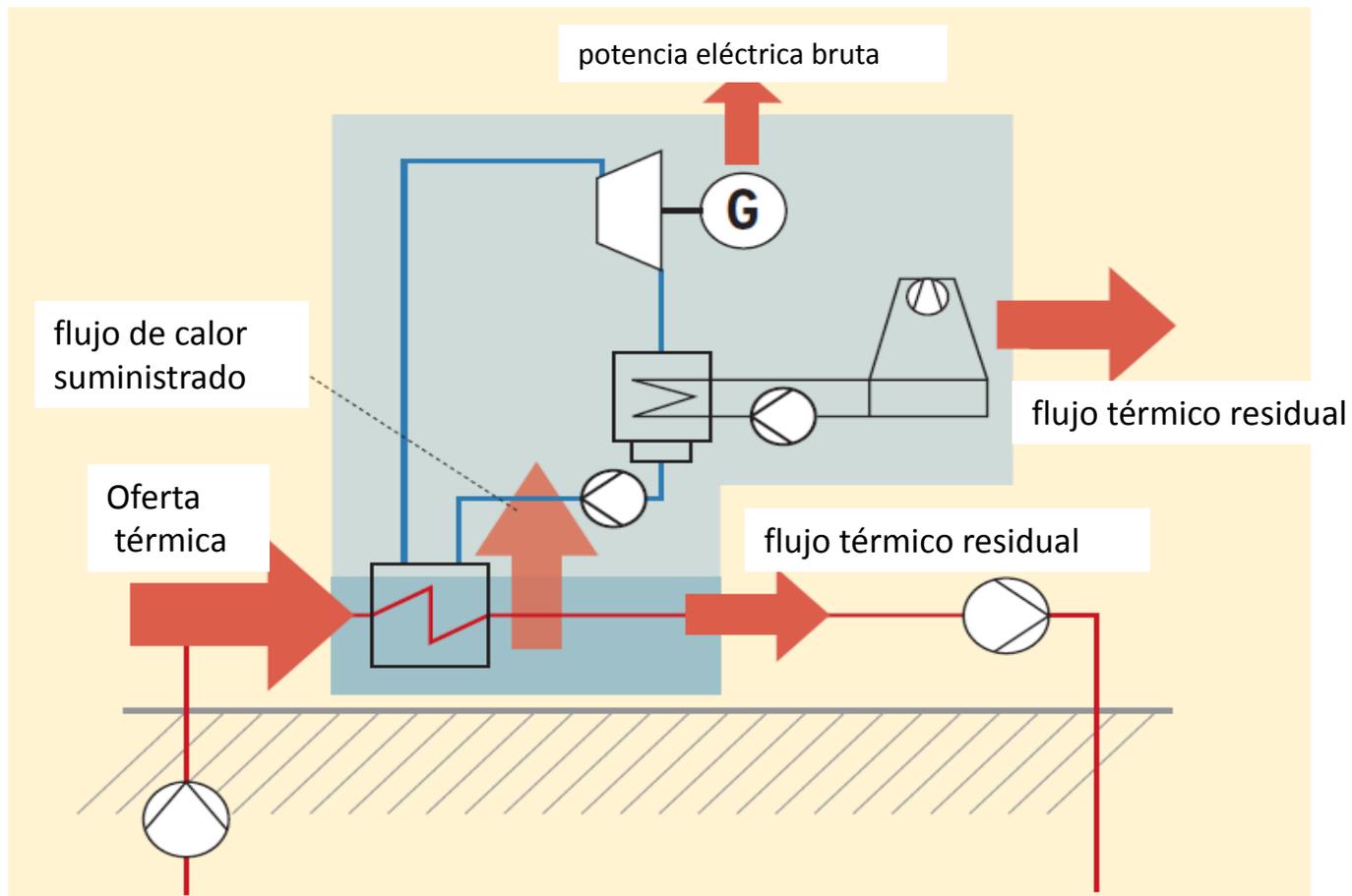
- La eficiencia térmica de la central eléctrica es la **relación entre la energía producida y el flujo de calor** a la central eléctrica. La eficiencia térmica de la central eléctrica se define tradicionalmente como:

$$\eta_{th} = \frac{W}{Q_{in}}$$

- La entrada de calor es entonces la entrada de calor a la planta de energía, y no tiene en cuenta la cantidad de calor disponible en los pozos. Esto puede ser muy engañoso. Los pozos constituyen una gran parte del costo de la planta de energía, y la **economía de la planta de energía se decidirá por la utilización de la inversión del pozo**.
- Por lo tanto, la única medida de rendimiento relevante tendrá que basarse en la **eficiencia exergética** y, debido a la importancia de **la inversión en pozos, también en la eficacia**.
- El cálculo de la eficiencia de una planta de cogeneración no es nada fácil, porque la planta tiene dos productos, calor y trabajo. La primera ley no establece ninguna equivalencia entre el calor y el trabajo, ni el valor de estos productos. Una planta de cogeneración sólo se analizará adecuadamente mediante análisis **exergéticos**.

Eficiencia de las centrales geotérmicas

La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Eficiencia de las centrales geotérmicas

La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia

■ Máximo flujo de calor disponible en el pozo: $\dot{Q}_{th,well} = \dot{m} \cdot \bar{c}_p \cdot (t_{in} - t_{ref})$

■ Eficiencia de utilización del pozo: $\eta_{well} = \frac{\dot{Q}_{th,in}}{\dot{Q}_{th,well}}$

■ Eficiencia bruta de la planta : $\eta_{pl,gr} = \frac{P_{turb}}{\dot{Q}_{th,well}} = \eta_{cyc,gr} \cdot \eta_{well}$

■ Eficiencia bruta del ciclo : $\eta_{cyc,gr} = \frac{P_{turb}}{\dot{Q}_{th,well} - \dot{Q}_{th,out}} = \frac{P_{turb}}{\dot{Q}_{th,in}}$

■ Eficiencia neta del ciclo: $\eta_{cyc,net} = \frac{P_{turb} - P_{own,cyc}}{\dot{Q}_{th,well} - \dot{Q}_{th,out}} = \frac{P_{turb} - P_{own,cyc}}{\dot{Q}_{th,in}}$

■ Eficiencia neta de la planta : $\eta_{pl,net} = \frac{P_{turb} - P_{own,cyc} - P_{own,well}}{\dot{Q}_{th,well}}$

Eficacia de un intercambiador de calor

La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia

Ejemplo:
intercambiador de calor
de placas

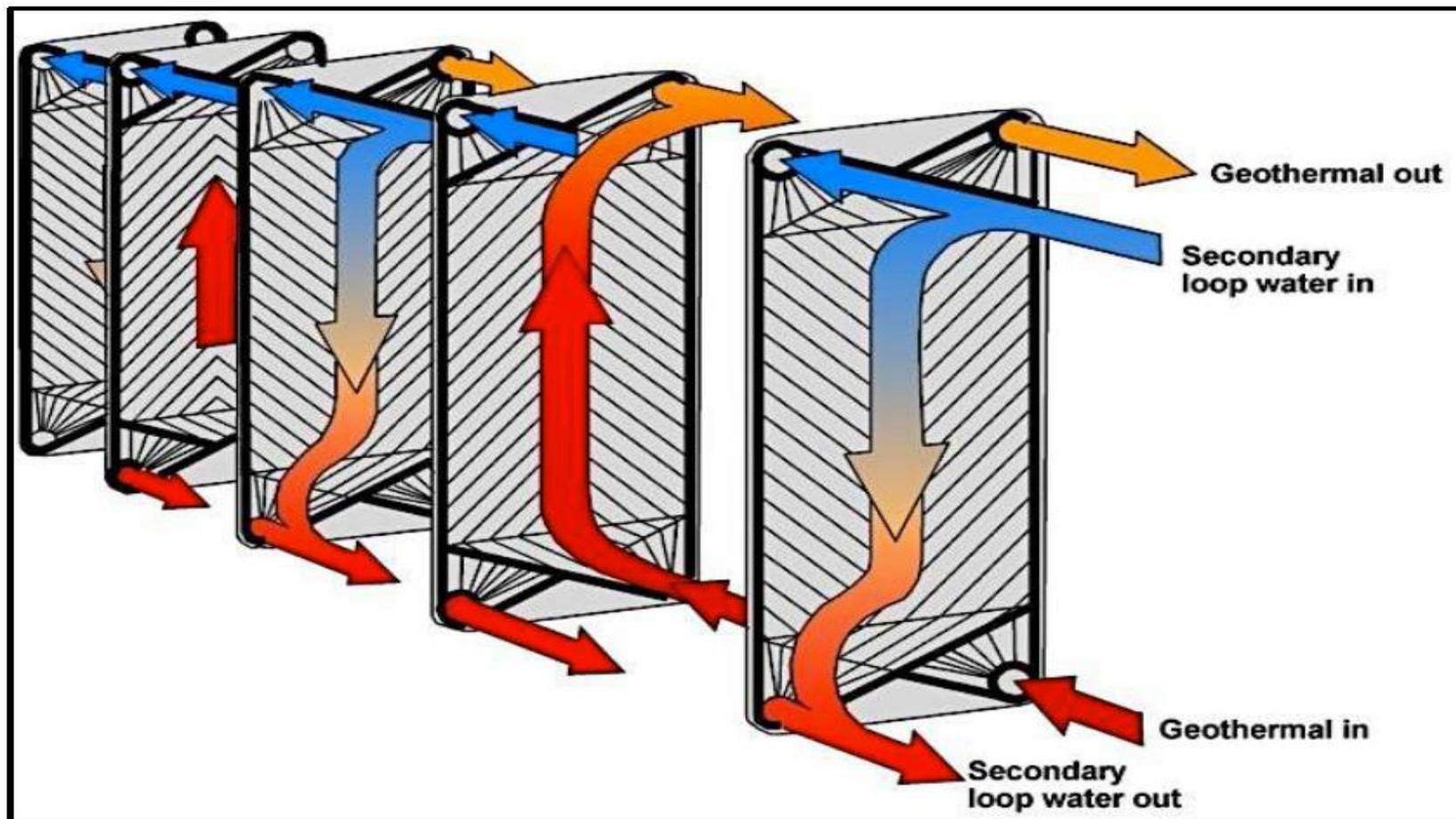
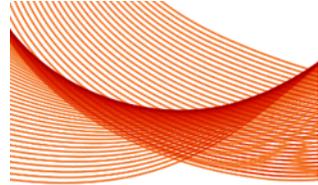


Figure 28- Plate heat exchanger



La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia



UNAH

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

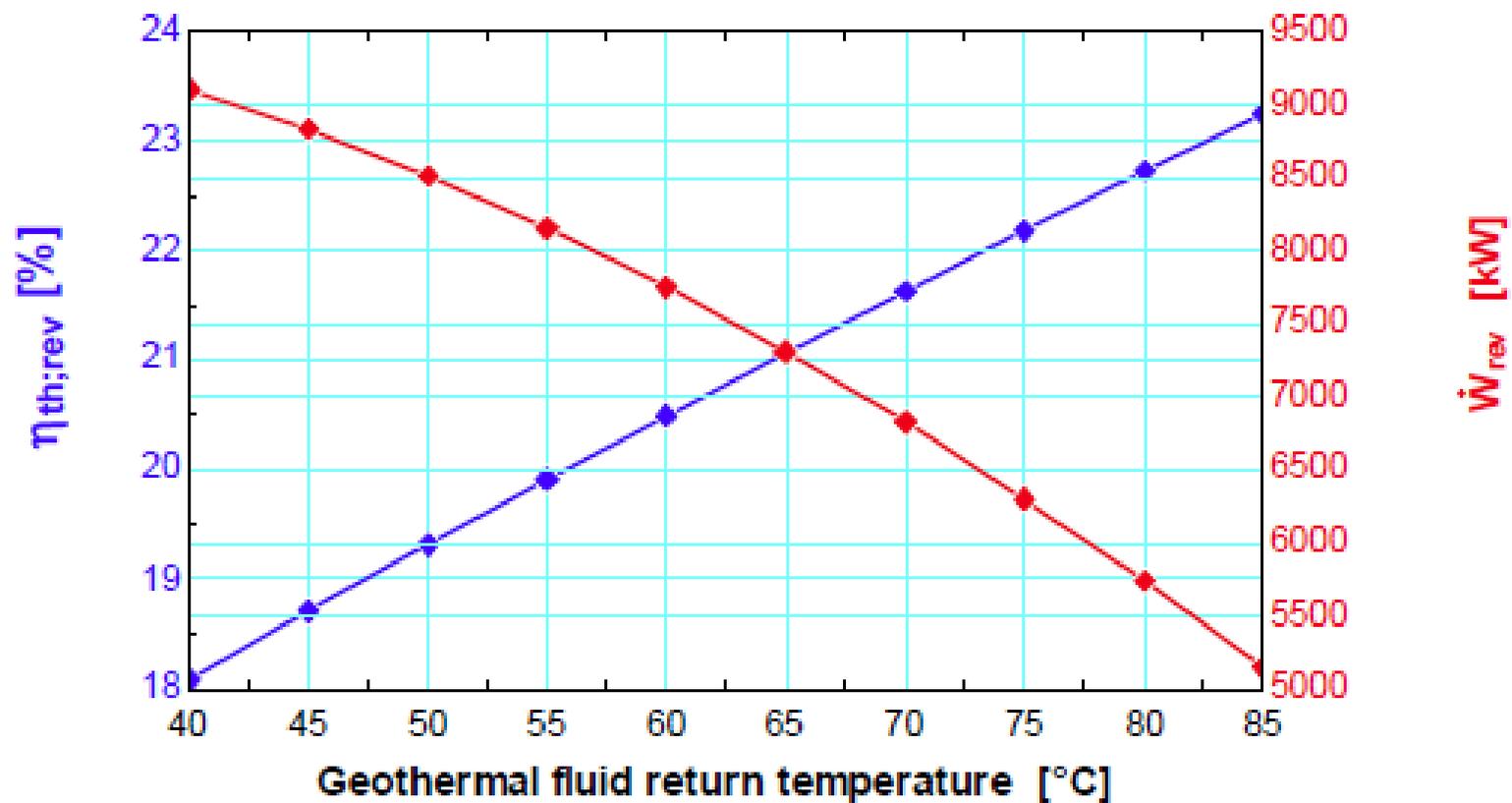
BGR

giz



Potencia de salida vs. eficiencia

La entalpía
como impulsor
de la tecnología
y la eficiencia





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

giz



HOT WATER

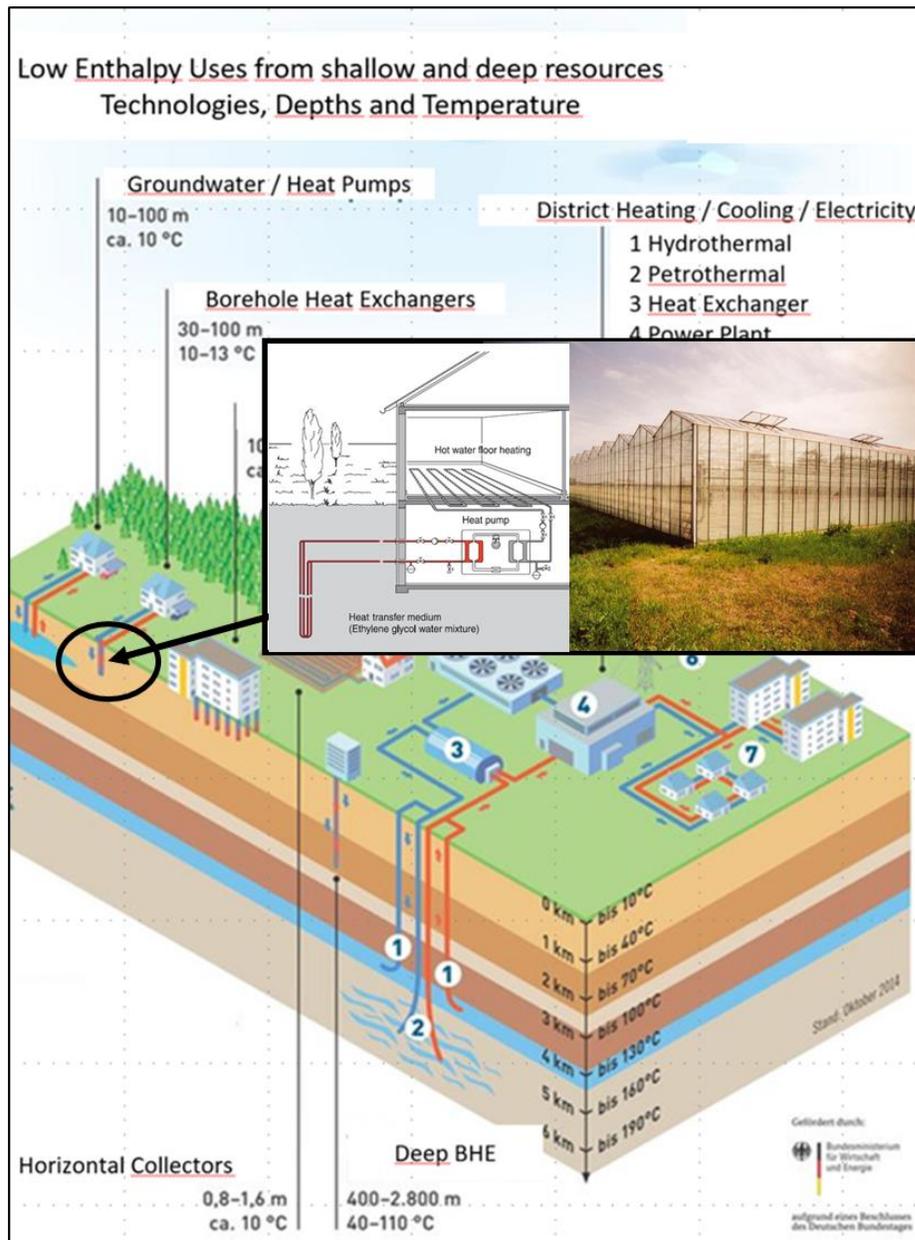
Temperature	Min	°C	70
	Max	°C	120
Flow rate	Min	l/s	10
	Max	l/s	35

Bomba de calor geotérmica

Aspectos básicos de la bomba de calor geotérmica

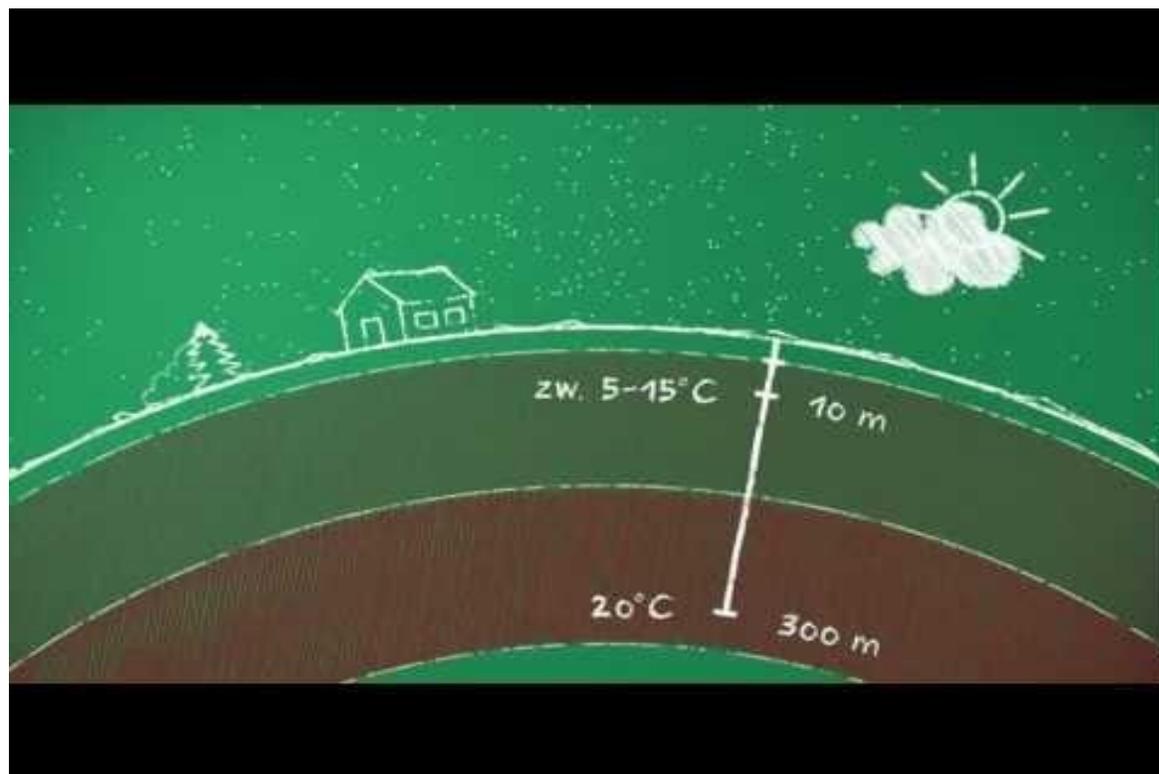
Principio de diseño

posibles aplicaciones para la agricultura, la industria y el sector urbano



Principio de funcionamiento de la bomba de calor

Bomba de calor geotérmica

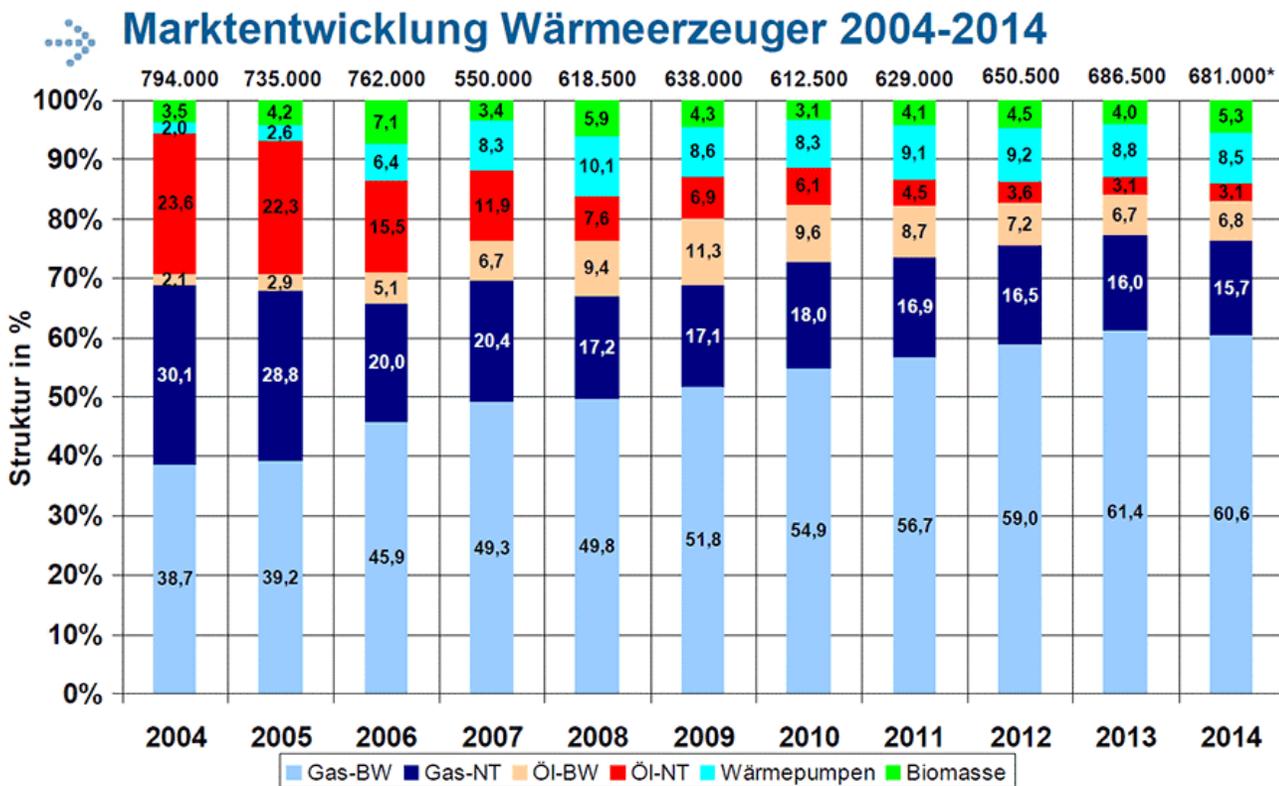


El valor típico del COP es de 3.5 -5.5 esto significa que si extraemos de la tierra 10 Kw , solo nos cuesta $10/3.5 = 2.86$ Kw , o bien $10/5.5 = 1.81$ Kw dependiendo del sistema.

Fuente: Junkers Germany
<https://www.youtube.com/watch?v=hOii1MeOl9M>

Desarrollo del mercado de los generadores de calor

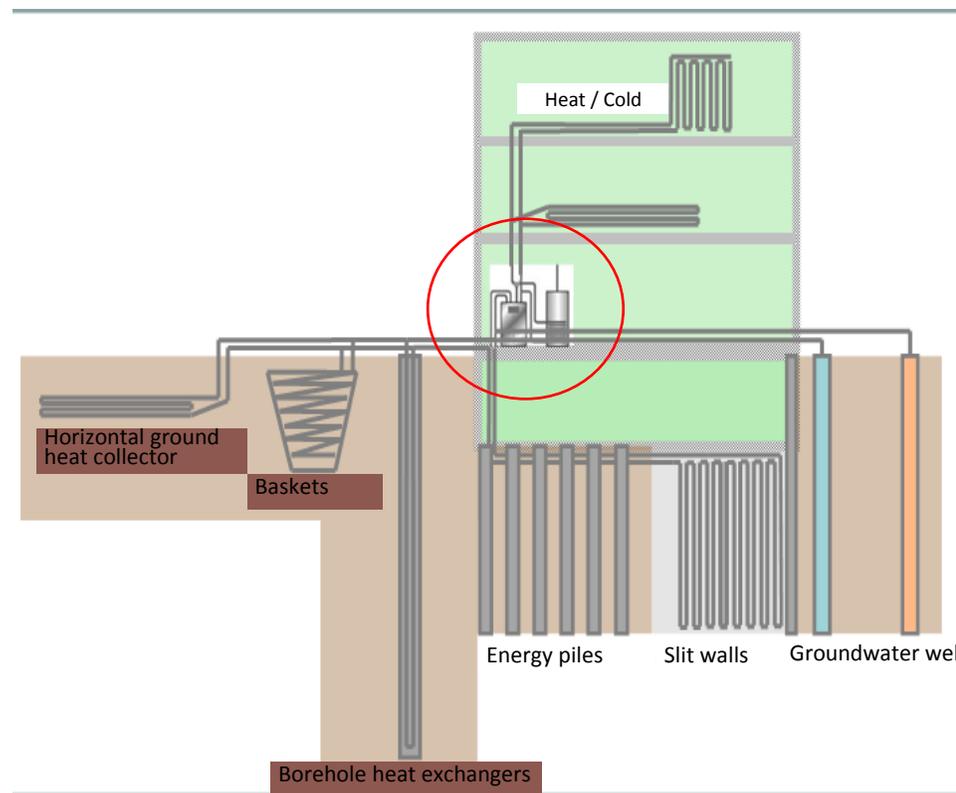
Bomba de calor geotérmica



Bomba de calor geotérmica

Bombas de calor combinadas con sistemas de energía geotérmica de baja entalpía

- Sistemas abiertos
- Sistemas de pozos de agua subterránea
- Sistemas cerrados
- Pozos Intercambiadores de calor
- Colector de calor de horizontal
- Piezas de concreto en contacto con la tierra
 - Pilares de cimentación ("Pilotes de energía")
 - paredes cortadas
- Tuberías de calefacción





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

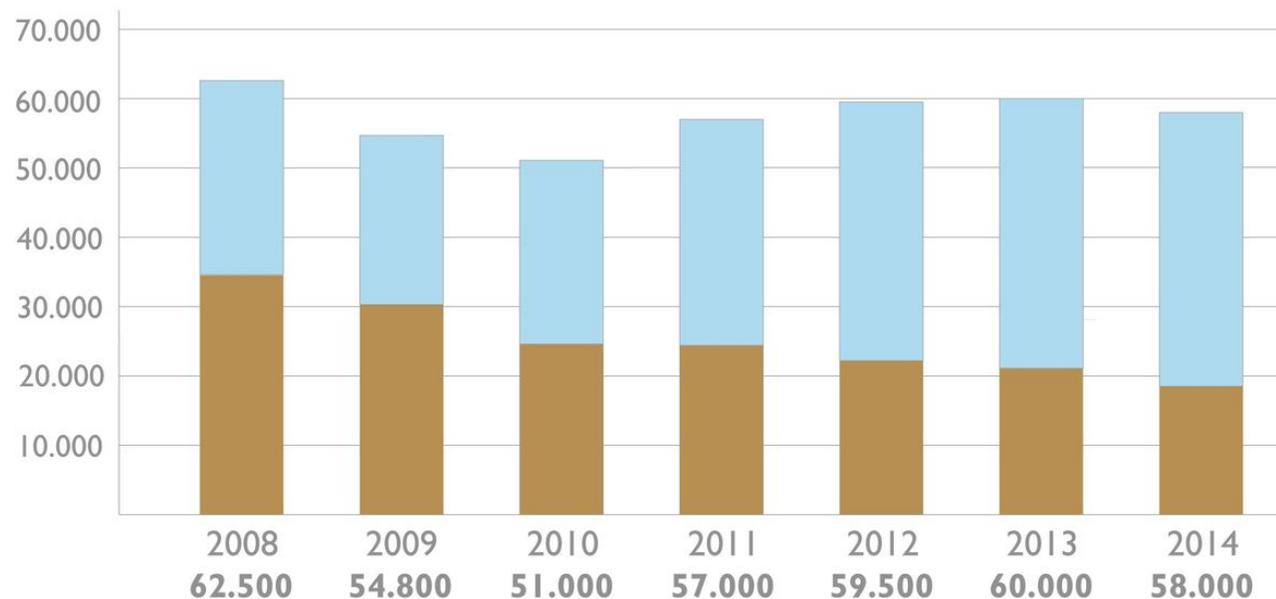
giz



Cifras de ventas de bombas de calor

Bomba de calor
geotérmica

Absatzzahlen von Heizungswärmepumpen in Deutschland von 2008 bis 2014



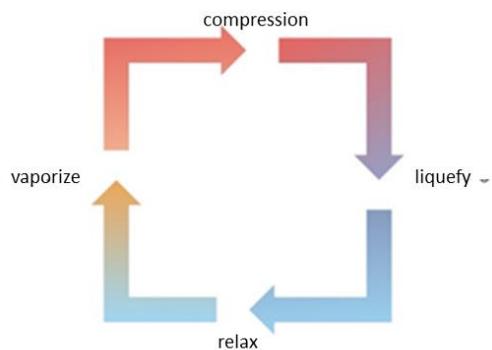
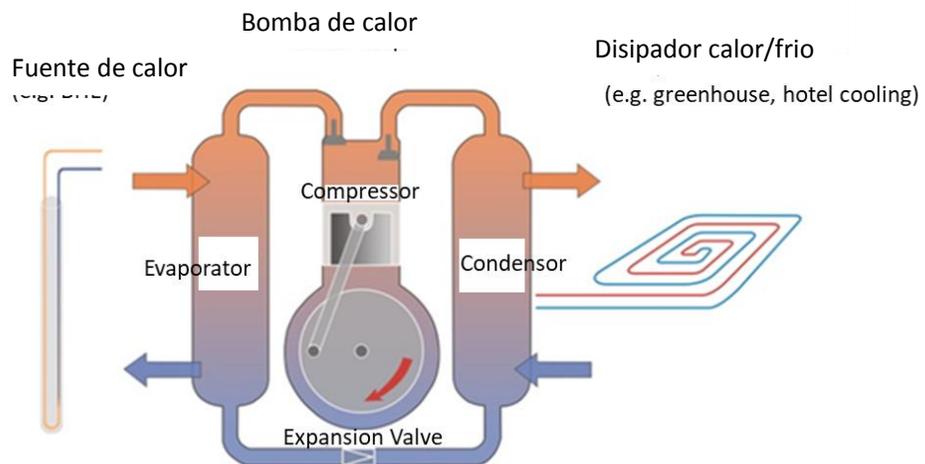
15,000 bombas de calor vendidas Q1/2016

+22% para bombas de calor de salmuera

+12% para aire y agua subterránea

Principio de la bomba de calor

Bomba de calor geotérmica



- El mismo concepto / ciclo que en el frigorífico doméstico
- Uso de calor del entorno (geotérmico, agua, aire)
- aprox. 3 partes de calor ambiental y 1 parte de corriente eléctrica
- El trabajo del compresor aumenta con la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y el disipador de calor.

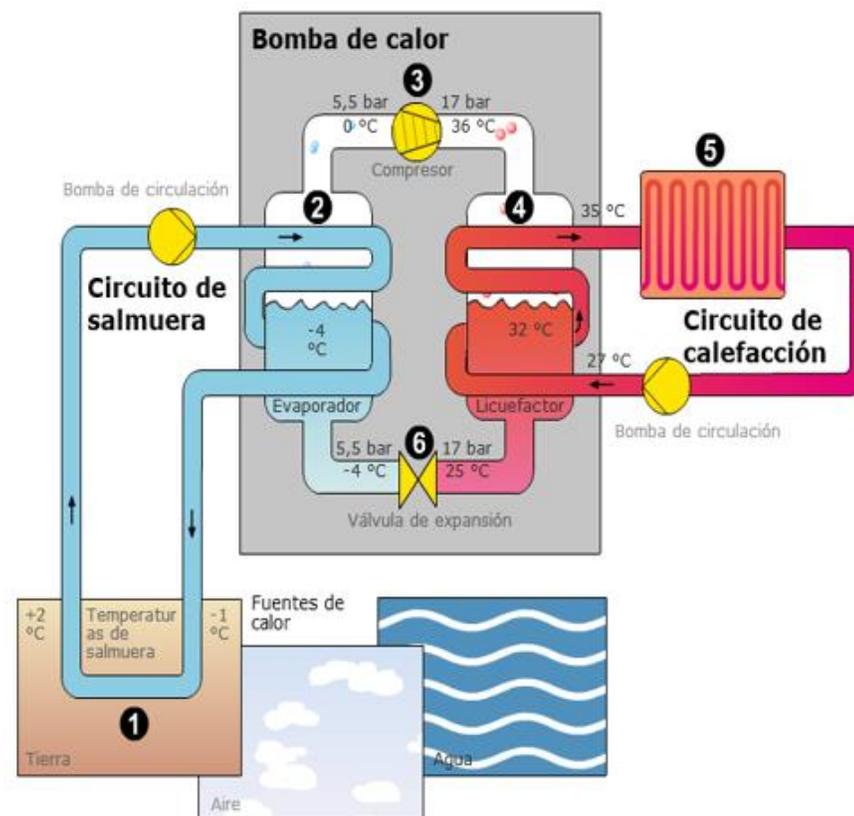
Funcionamiento de la bomba de calor

3) En un **compresor** se aumenta la presión del medio frigorífico. La compresión resulta en una subida de la temperatura del medio frigorífico.

4) En un **licuefactor** (intercambiador de calor) el calor se transmite al agua de calefacción.

5) La **calefacción por suelo radiante** es calentada por el agua de calefacción y cede el calor al ambiente. Como el suelo entero funciona como superficie de calefacción, estos sistemas pueden funcionar con temperaturas más bajas del agua de calefacción (aprox. 30°C).

1) + 2) Mediante un **evaporador** (intercambiador de calor) el calor ambiental se transmite a un medio frigorífico libre de CFC

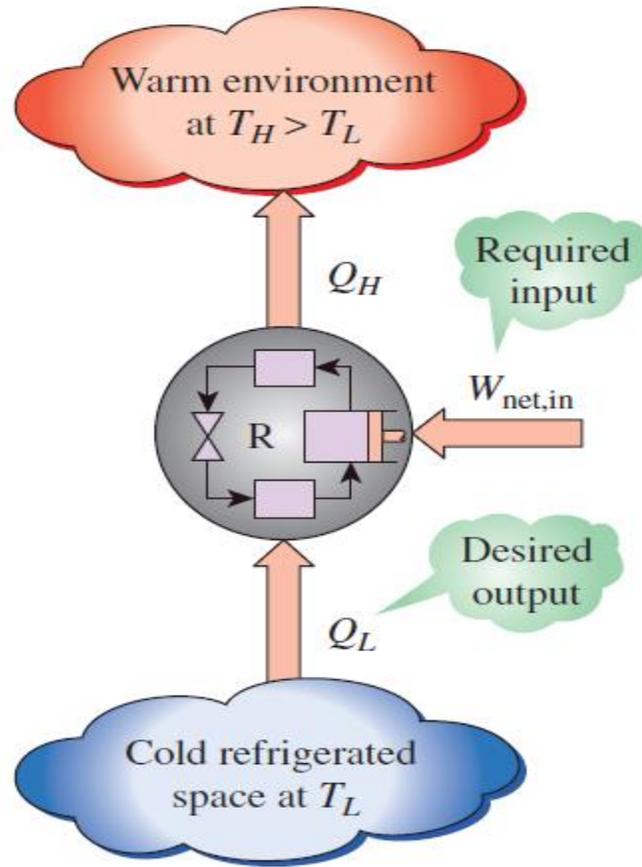


Glen Dimplex Deutschland

6) En la **válvula de expansión** el medio frigorífico se expande y se refresca.

Coeficiente de Desempeño

Bomba de calor
geotermica



La cantidad de calor eliminada del espacio refrigerado puede ser mayor que la cantidad de entrada de trabajo

La eficiencia de un refrigerador se expresa en términos **coeficiente de desempeño (COP)**.

El objetivo de un refrigerador es remover calor (Q_L) del espacio refrigerado.

$$COP_R = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{Q_L}{W_{neto,entrada}}$$

Principio de conservación de la energía

$$W_{net,in} = Q_H - Q_L \text{ (kJ)}$$

$$COP_{HP} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{1 - \frac{Q_L}{Q_H}}$$

Bomba de calor geotérmica

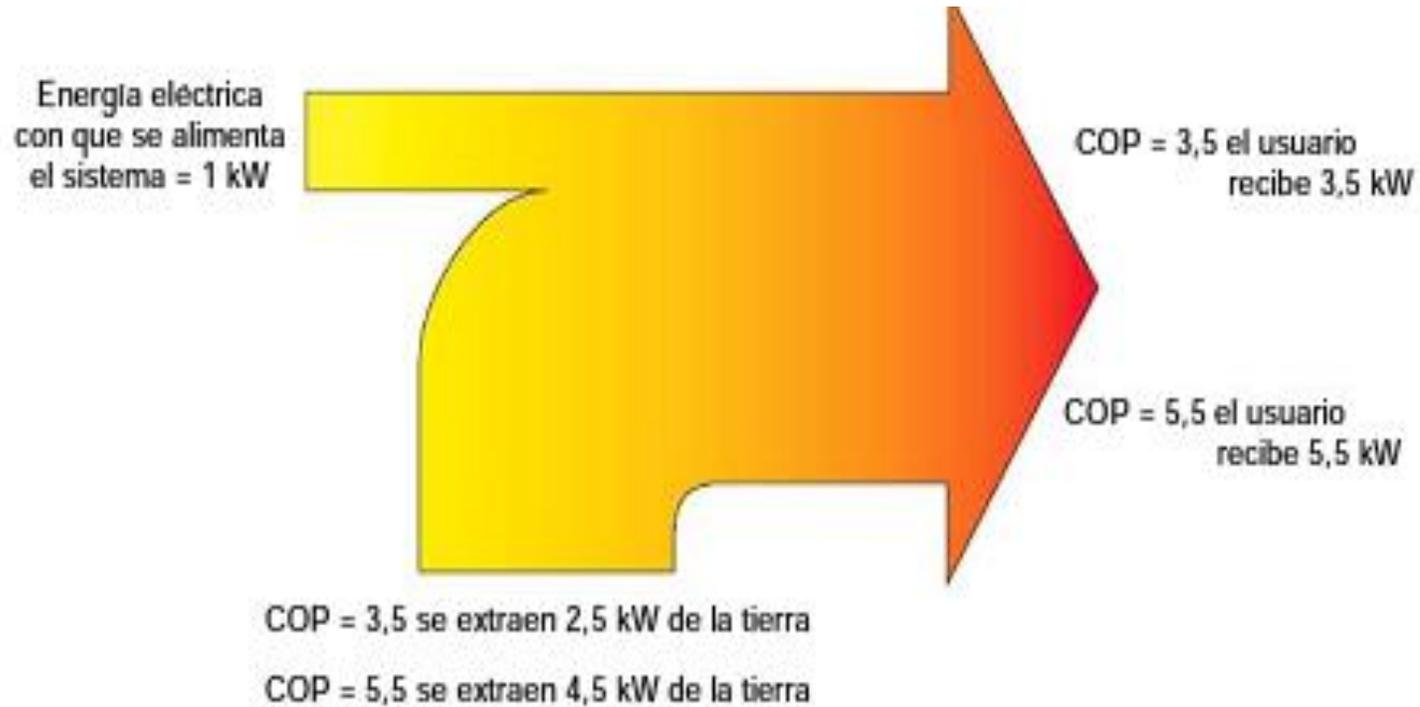
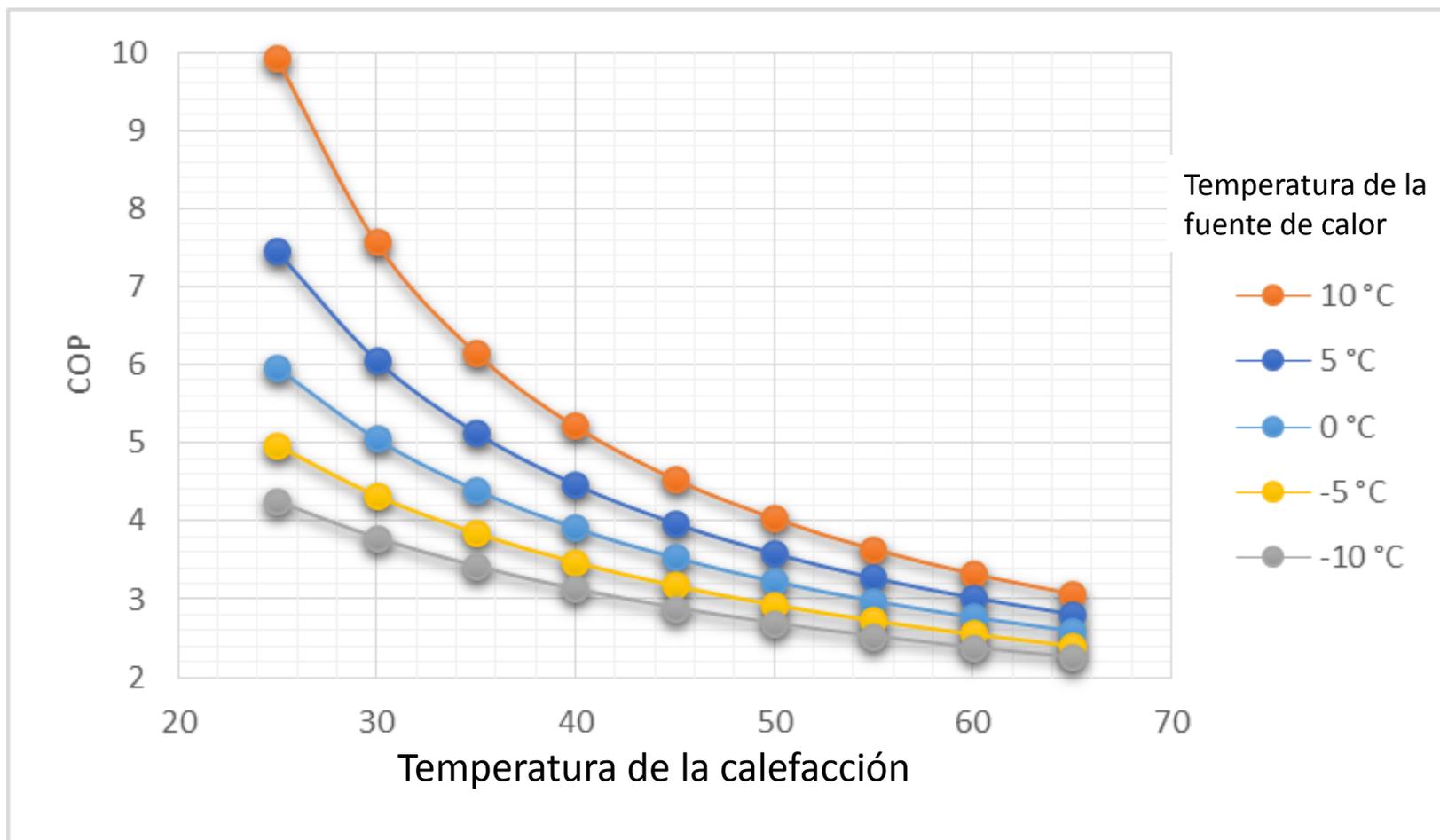


Fig. 1.2 Concepto de energía geotérmica de baja temperatura

Eficiencia de una bomba de calor

Bomba de calor
geotérmica





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Eficiencia de una bomba de calor

Bomba de calor geotérmica

- El coeficiente de rendimiento anual (ACP) describe la relación entre la producción de calor y la producción eléctrica en un período de un año.

$$\bullet \text{ ACP} = \frac{\frac{kWh}{a} \text{ calor}}{\frac{kWh}{a} \text{ electricidad}}$$

Diseños de bombas de calor

Bomba de calor
geotermica



Diseños de bombas de calor



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Bomba de calor geotérmica

El primer medio identifica la fuente de calor:

- Salmuera = calor geotérmico: sondas, colectores, cestas
- Agua (Agua) = agua subterránea
- Aire (Aire) = Aire exterior, aire de escape
- Otros: aguas residuales, almacenamiento de hielo, gases de combustión

El segundo medio describe el circuito de distribución:

- Agua = distribución de calor por agua: calefacción bajo el suelo, radiadores
- Aire = calefacción / refrigeración a través del sistema de ventilación

Bomba de calor geotermica

Dependiendo de los fluidos de entrada y de salida, las bombas de calor pueden ser

Bombas de calor aire-agua : Se extrae el calor del aire exterior y se transfiere a los locales a través de un circuito de agua a baja temperatura.

- Bombas de calor aire-aire: Se extrae el calor del aire exterior y se transfiere a los locales a través de conductos de aire.
- Bombas de calor agua-agua : Utilizan como fuente de calor el de la tierra o el del agua freática, o de ríos, lagos, etc. y transfieren el calor a radiadores.
- Bombas de calor agua-aire: Utilizan la misma fuente de calor anterior (tierra o agua freática o de ríos y lagos) y lo transfieren mediante aire en conductos situados en la vivienda o edificio.

Fluido de trabajo



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE GUATEMALA



BGR giz

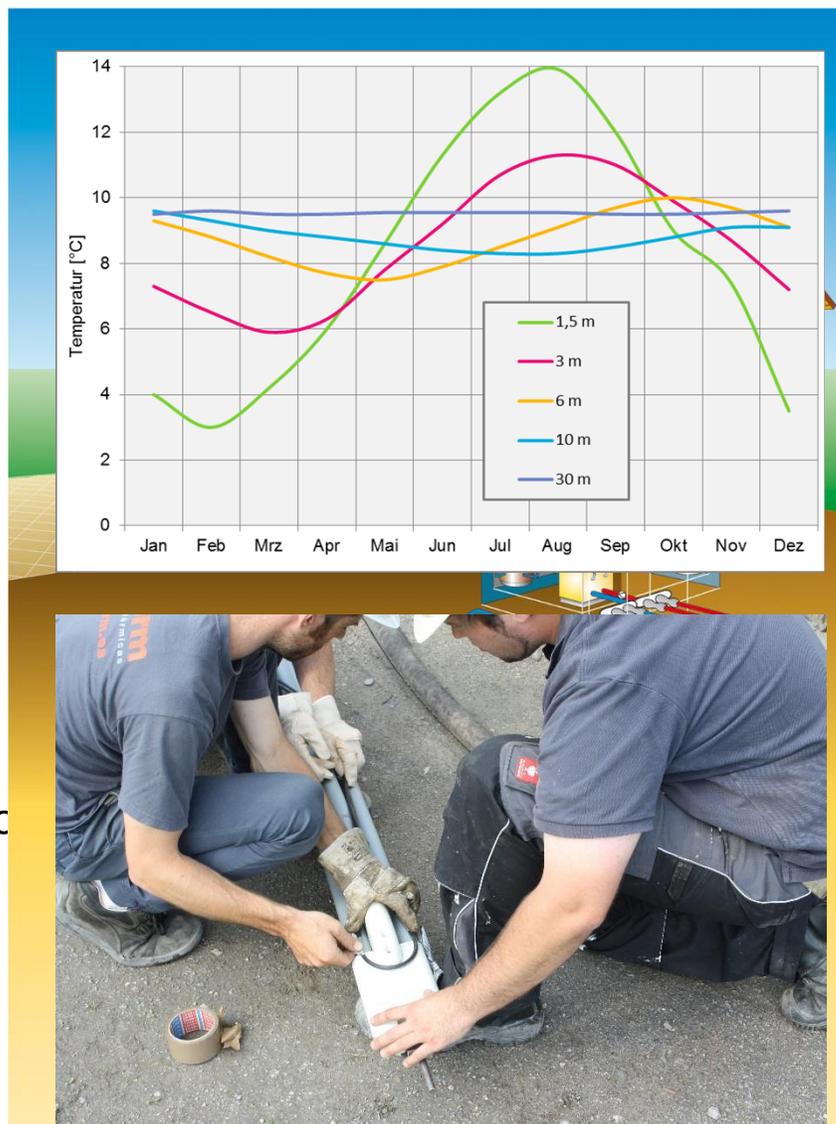


Familia de Fluidos	Temperatura	Temperatura máxima	Aplicación	ODP (Potencial agotamiento ozono)	GWP (Potencial calentamiento global)	COP (Coeficiente rendimiento)	Toxicidad	Observaciones
CFC - Clorofluorocarbono			Prohibidos (1-1-1996)	1	4,680 - 10,720			Tienen 2 átomos de cloro y son muy estables en la atmósfera (100 años)
R-11				1				
R-12	Baja y media	80°C		0,95	Alto			
R-114	Alta	120°C		Alto	Alto			
HCFC - Hidroclorofluorocarbono			Prohibidos en Europa a partir 2014	0,02 - 0,06	76 - 2270			Un solo átomo de cloro Vida 2 a 28 años
R22	Baja	55°C	Bombas de calor geotérmicas	0,055	1500			Prohibidos en Europa a partir 2014
R-32			Sustituye al R-22	0	650			Prohibidos en Europa a partir 2014
HFC - Hidrofluorocarbono				0	122 - 14310			Igual que HCFC con el fluor que sustituye a algunos hidrógenos
R-134a				0	1300	Igual que el CFC-12	Baja	Prohibidos en Europa a partir 2014
R-152a			Sustituye al R-500	0	140			Prohibidos en Europa a partir 2014
R-125			Semejante al R-502 y al R-22	0	2800			Prohibidos en Europa a partir 2014
R-143a			Semejante al R-502 y al R-22	0	3900			Prohibidos en Europa a partir 2014
PFC - Perfluorocarbono				0	5820-12010			
R-14					6500			
Mezclas								
R410a = Mezcla de R32 y R125			Bombas de calor geotérmicas	0	1730	Mejor que el R-22 (5 a 6% mayor)		Compresor más pequeño, mayor presión de operación (50% mayor) 6% mayor poder refrigeración que el R22

Sondas geotérmicas

Sondas Geotermicas

- temperatura del suelo constante a profundidades > 10 m
- Una o más sondas verticales
- profundidad 50 - 300 m, normalmente no más de 100 m
- Tubo en U o doble tubo en U de plástico con orificio lleno
- sujeto a aprobación



Source: German Heat Pump Association (BWP) e. V.

Sondas
Geotermicas

Sistema de Tuberias

Lazo abierto

Lazo cerrado

Sistema directo con
liquid refrigerante



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



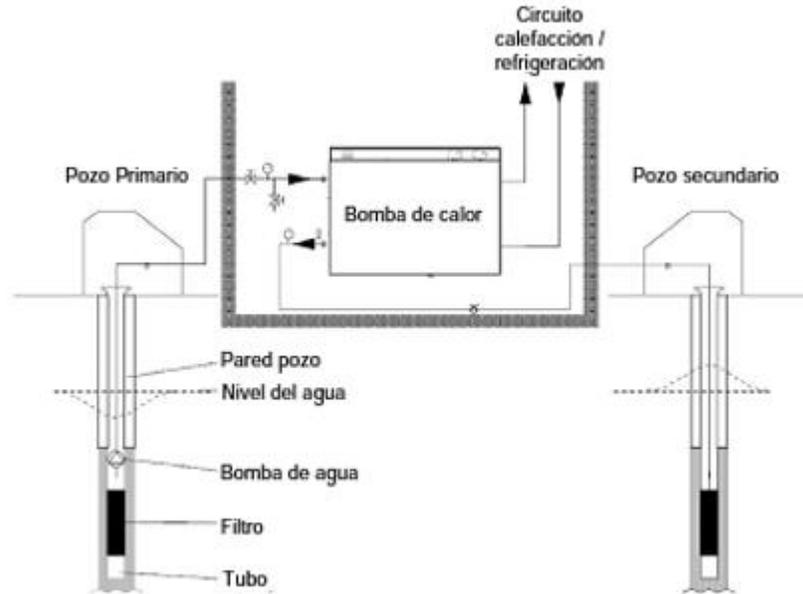
BGR

giz



Sondas Geotermicas

Lazo Abierto: Utiliza agua de pozo o superficial como medio directo de transmisión de calor de tal modo que el agua fluye en una sola dirección hacia la bomba de calor y luego es descargada



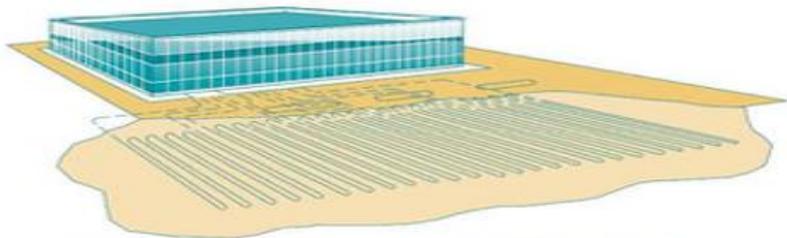
Lazo abierto de 2 pozos



Lazo abierto de agua superficial

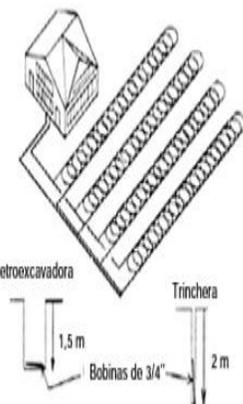
Sondas Geotermicas

Lazo Cerrado : Utilizan un circuito de tuberías en lazo cerrado que se acoplan al intercambiador de calor. Las tuberías contienen un fluido de trabajo que circula continuamente sin contacto alguno con el suelo o con el agua freática que puede rodear el sistema

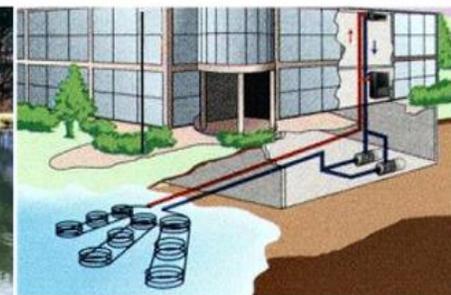


Disposición horizontal de una tubería

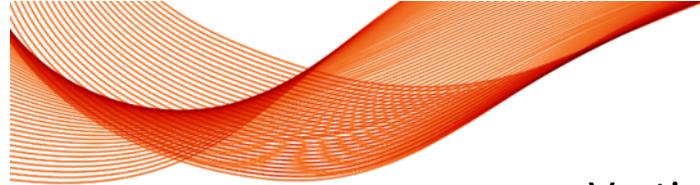
Horizontal



Espiral



Sumergido



UNAH



BGR giz

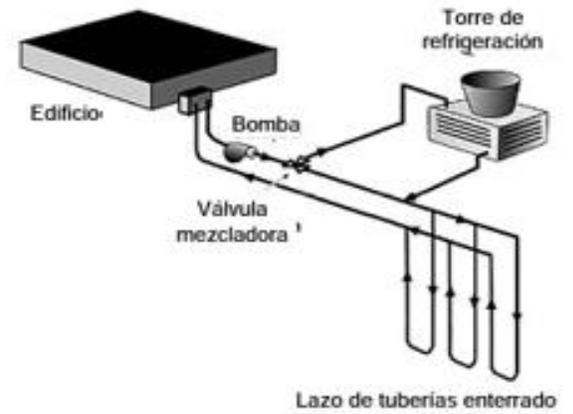
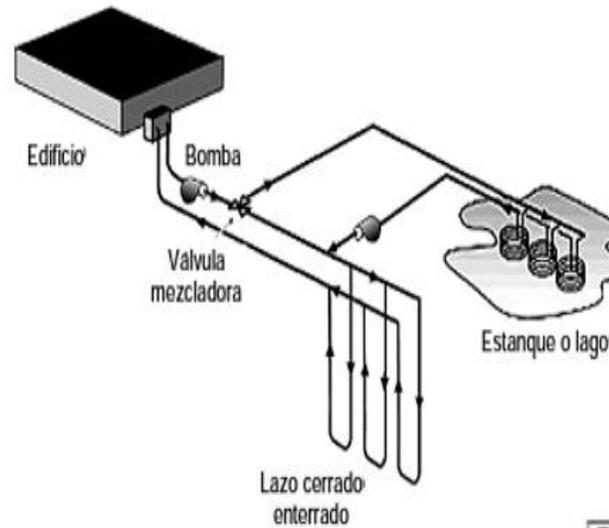


Vertical

Sondas Geotermicas



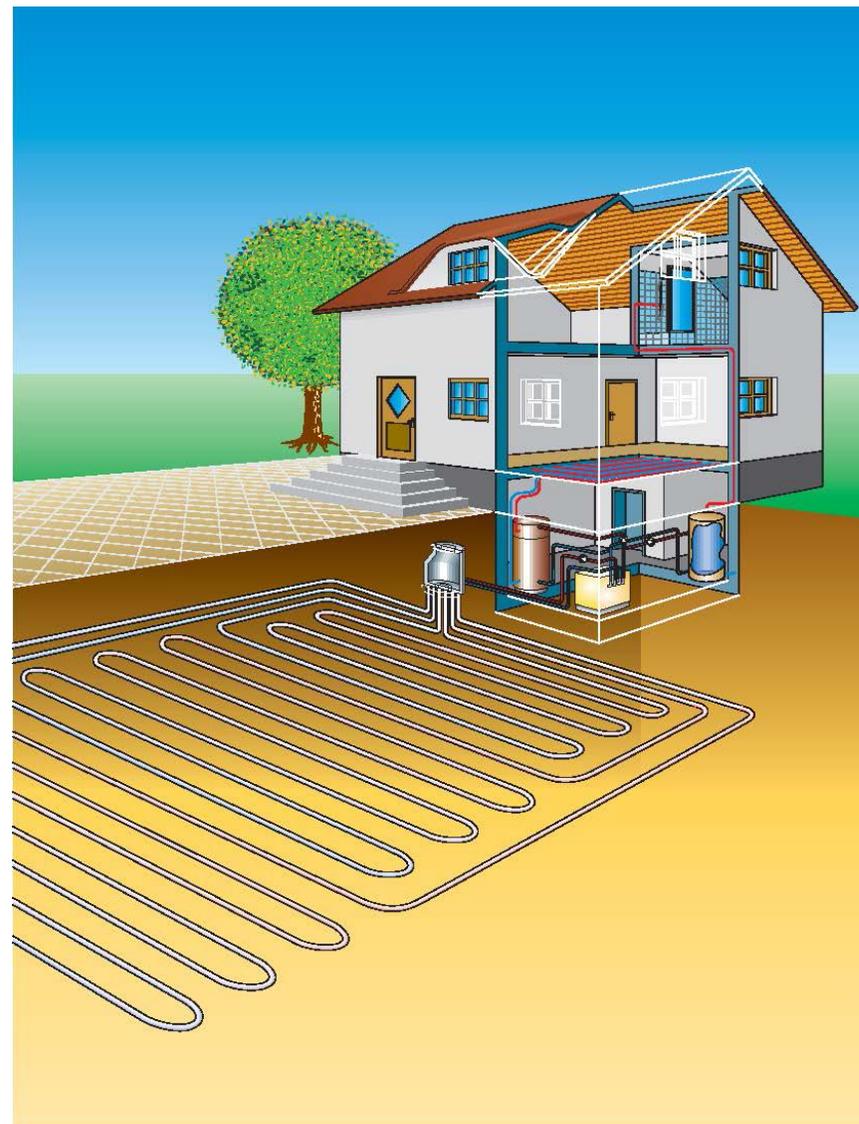
Hibrido



Colectores geotérmicos

Colectores Geotermicas

- Utiliza la radiación solar y la precipitación → **sin superestructura!**
- Colocación horizontal en el suelo
Principio: Calefacción bajo el suelo
- Normalmente de 1 a 1,5 m de profundidad
- Grandes superficies en comparación con la sonda geotérmica
- Usualmente no aprobado.obligatorio, áreas de protección de agua
- Aportación personal posible



Fuente: German Heat Pump Association (BWP) e. V.

Energía geotérmica - otros diseños

Colectores
Geotermicas

Valla captadora



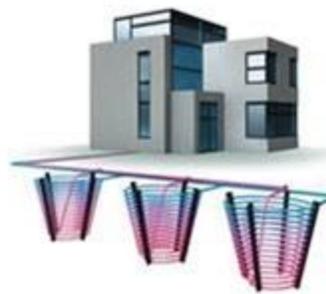
Source: GDH
Energy

muro energético



Fuente: Heinrich Schröder
GmbH, Germany

Cestas de energía
termoactivas



Fuente: Uponor

Pilotes





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



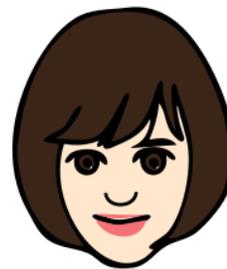
BGR giz



Términos

monovalente?
bivalente?

¿alternativa?
¿Paralelo?
¿Modular?



Términos - Monovalencia / Bivalencia

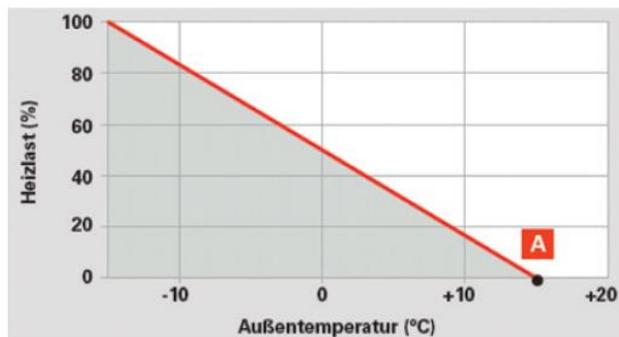


Bild 1: Monovalenter Betrieb
A – Heizgrenztemperatur

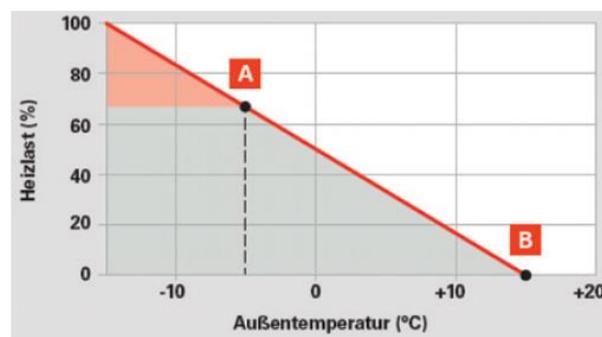


Bild 2: Bivalent paralleler Betrieb
A – Bivalenzpunkt, B – Heizgrenztemperatur

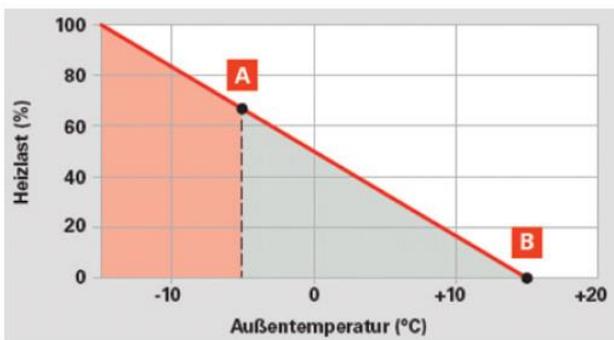


Bild 3: Bivalent alternativer Betrieb
A – Abschalttemp., B – Heizgrenztemperatur

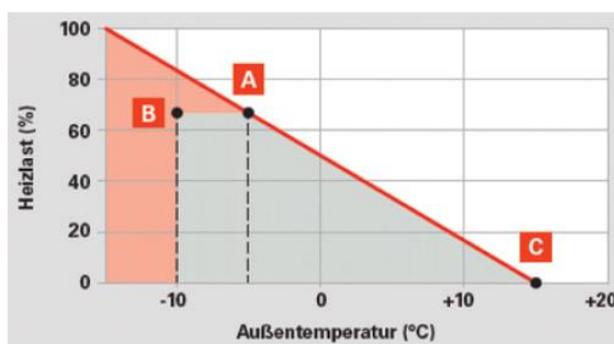
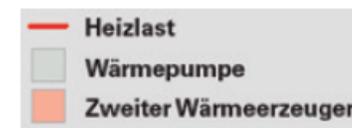


Bild 4: Bivalent teilparalleler Betrieb
A – Bivalenzpunkt, B – Abschalttemp.,
C – Heizgrenztemperatur



monoenergético: el segundo generador de calor también utiliza energía eléctrica



Términos - bomba de calor modulante (inversor)

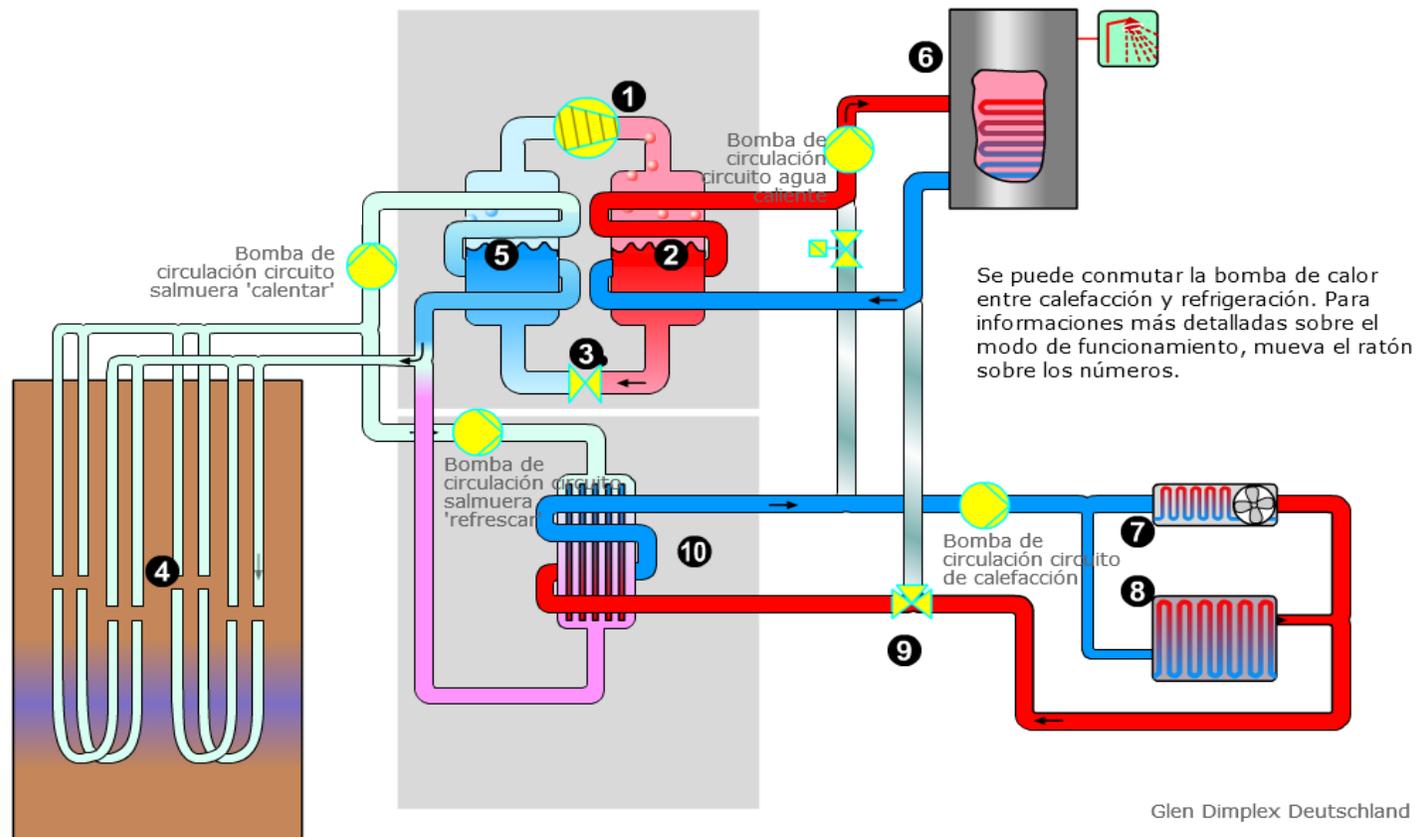
- Bomba de calor convencional:
 - → Control: Encendido / Apagado Diseño para máxima carga de calentamiento
 - → en funcionamiento a carga parcial, alto rendimiento
 - Ciclos frecuentes de la bomba de calor
 - → Almacenamiento para el calor no requerido
- Bomba de calor modulada: El inversor regula la velocidad del compresor
 - → Adaptación precisa a la carga de calentamiento
 - → Almacenamiento intermedio superfluo
 - → mayor durabilidad y eficiencia

Refrigeración con bomba de calor - pasiva

Bomba de calor con refrigeración pasiva:

- Refrescar con producción simultánea de agua caliente
- Refrigeración pasiva (bomba de calor desconectada)

- Calefacción
- Producción de agua caliente



Servicios del
edificio

Servicios del edificio: Sistemas de distribución de calor y tanques de almacenamiento





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Servicios de construcción

Servicios del edificio

Sistemas de distribución de calor:

- Activación de componentes térmicos, calefacción bajo el suelo, calefacción por radiadores
- Techos refrigerantes, refrigeración con calefacción bajo el suelo
- Equilibrado hidráulico

Sistemas de bombas de calor:

- Diseño de memoria y diagramas hidráulicos
- Acoplamiento con otros generadores de calor

Sistemas de distribución de calor - Activación de los componentes térmicos

Servicios del edificio



Fuente: www.baulinks.de



Fuente: www.baulinks.de

- Instalación dentro de paredes o techos
- Superficie de alta transferencia de calor:

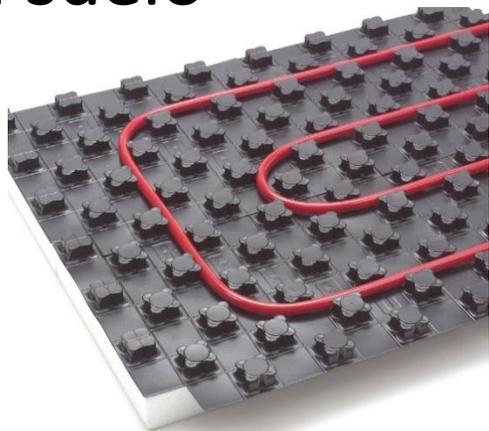
agua de calefacción de baja

temperatura (aprox. 25 °C)

- Gran masa térmica: el efecto de almacenamiento suaviza los picos de carga

Sistemas de distribución de calor - Calefacción bajo el suelo

Servicios del edificio



Fuente: www.rehau.com



Fuente: www.kermi.de

- Temperatura del flujo aprox. 35 °C
- Sistemas húmedos: Colocación de los tubos en pavimento, a menudo en losas con incrustaciones
- Sistemas en seco : aplicación en la Renovación, elementos de pavimento en seco
- Combinación sólo con alfombras condicionalmente posible

Sistemas de distribución de calor - Calefacción por radiador

Servicios del
edificio

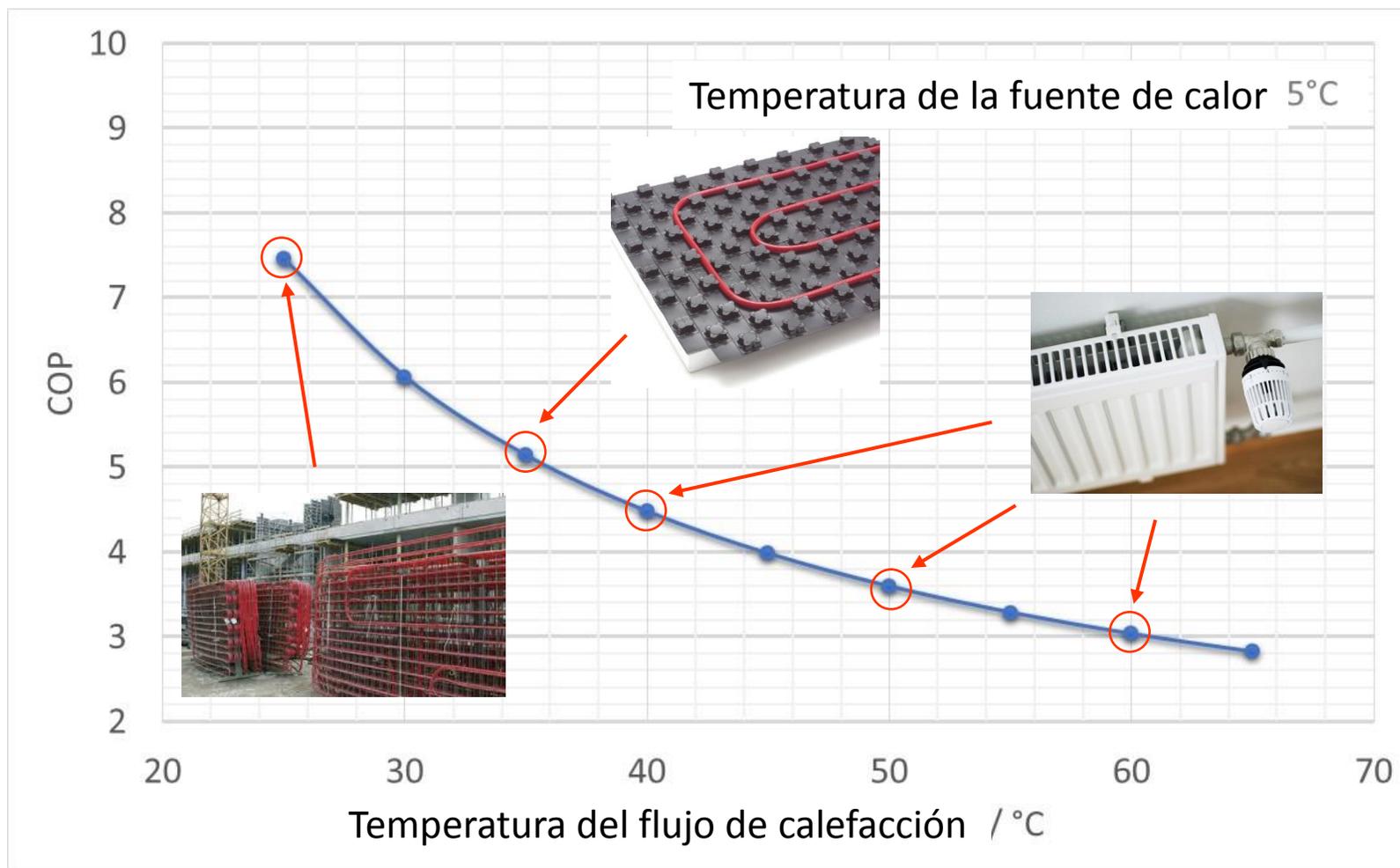


Fuente:
www.obl.de

- Disipación de calor por radiación y convección
- Alta temperatura del flujo en el Edificio, ineficiente uso de una bomba de calor
- Los radiadores de baja temperatura ($<45\text{ °C}$) tienen una superficie o ventilador más grande.

Sistemas de distribución de calor - Comparación

Servicios del edificio



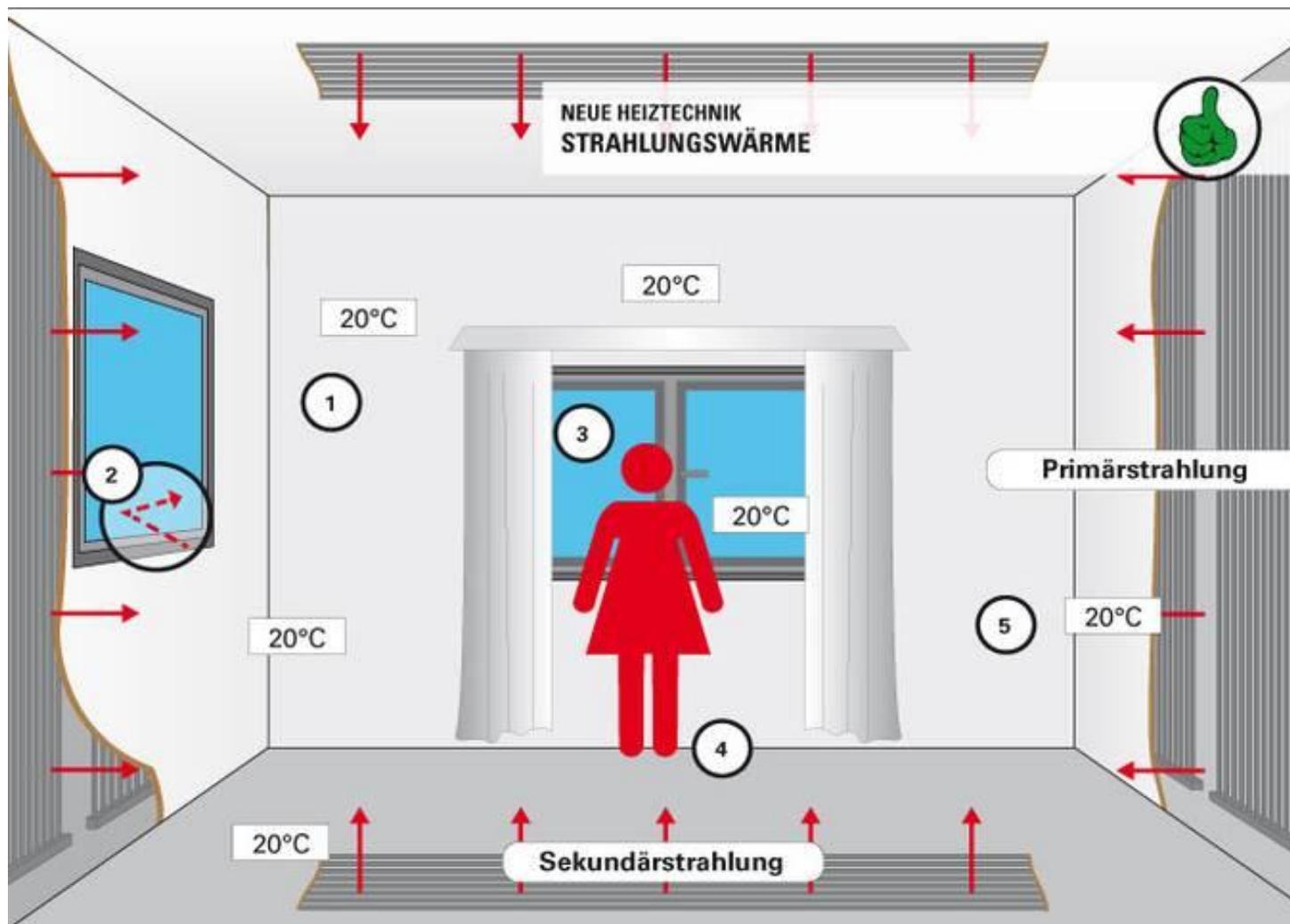
Sistemas de refrigeración de superficie

Un mejor aislamiento de los edificios, un alto contenido de vidrio y una mayor demanda de confort exigen el enfriamiento del edificio en los meses de verano.

Enfriamiento pasivo y activo por medio de la bomba de calor a través de :

- Activación de los componentes térmicos
- calefacción bajo el suelo
- techos refrigerantes
- Sistema de ventilación/aire acondicionado

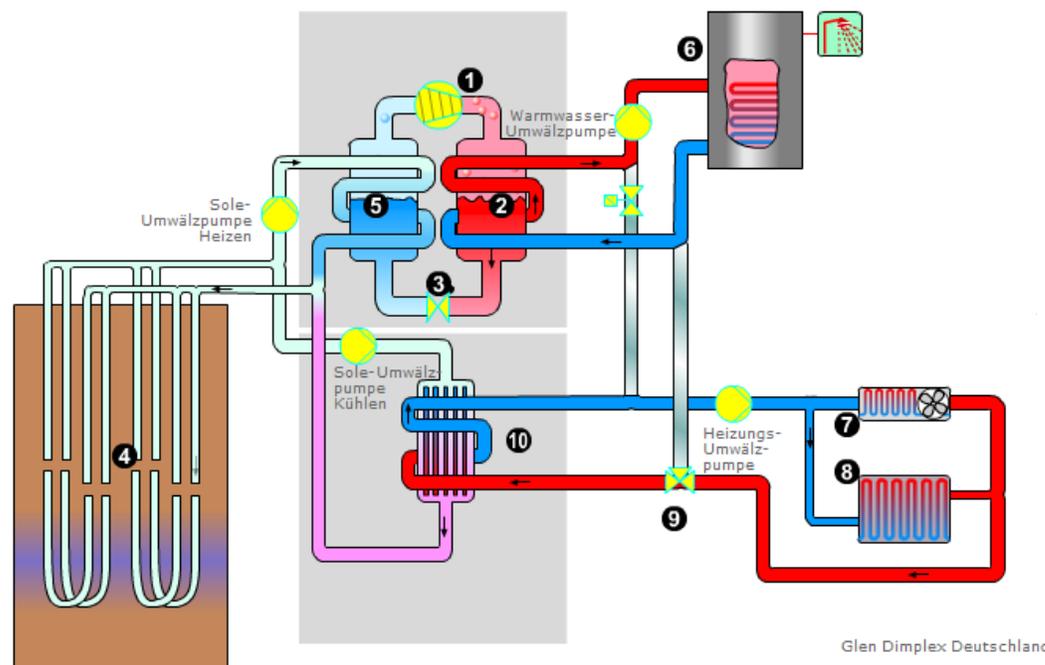
Servicios del edificio



- Tubos de polipropileno PPR por el interior de los cuales circula el agua de circuito de climatización.
- Se puede usar tanto **para calefacción como para refrigeración**, con la precaución de no superar el punto de rocío en refrigeración para no provocar condensaciones.

Refrigeración con calefacción bajo el suelo

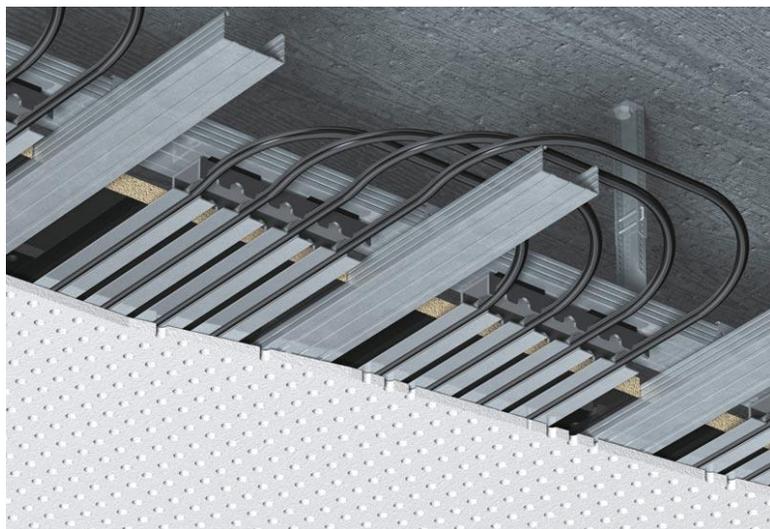
Servicios del edificio



- Sin costos adicionales debido al uso de calefacción bajo el suelo para enfriamiento
- Baja potencia frigorífica: 15-35 W/m²
- Enfriamiento en seco, sin deshumidificación → se necesita un monitor de punto de condensación
- Útil en edificios residenciales para pequeñas cargas de refrigeración

Activación de los techos refrigerantes y de los componentes térmicos

Servicios del edificio



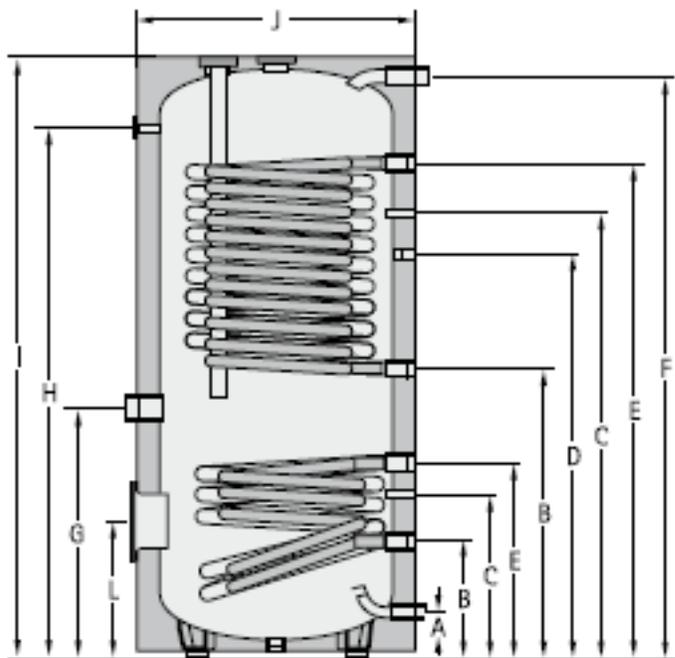
Fuentes:
www.baulinks.de

- Varios diseños: (convección),
revestido(radiación)
- Perfil de temperatura vertical uniforme en la habitación
- Velocidad del aire baja
→sin sensación de tensión
- Altas potencias frigoríficas (60 - 200 W/m²)
- Sin deshumidificación del aire del ambiente
→ se requiere de un monitor de punto de condensación

Bomba de calor + acumuladores solares térmicos

Servicios del edificio

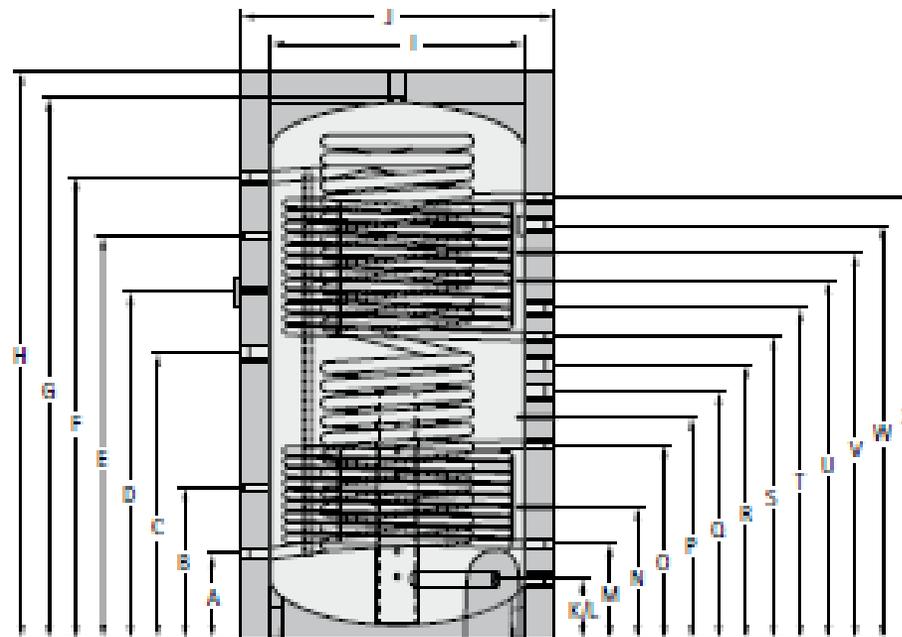
Calentamiento solar del agua a través de un intercambiador de calor inferior



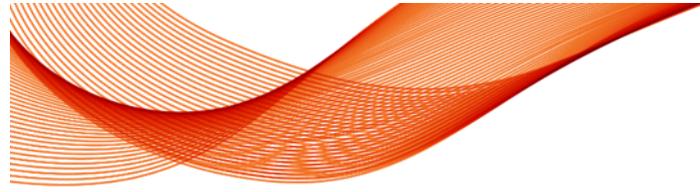
Source: wolf

Preparación de agua caliente solar y de calefacción en el tanque de capas combinado

Agua caliente en el sistema de calentamiento de agua instantáneo



Source: wolf



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Ejemplos prácticos y eficiencia económica

Servicios del edificio





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Casa excéntrica - condiciones de contorno

Servicios del edificio

datos del edificio

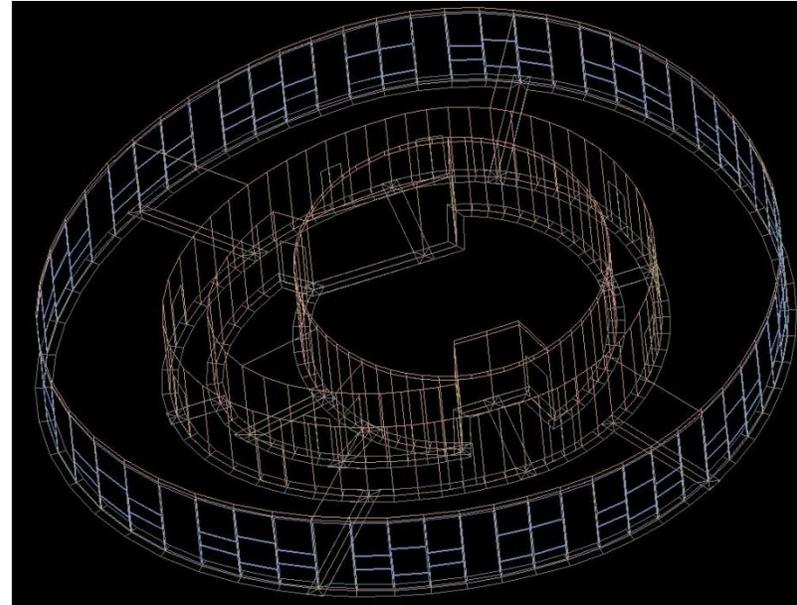
Altura total: 89 m

Pisos: 15

Superficie alquilable: 5.000 m².

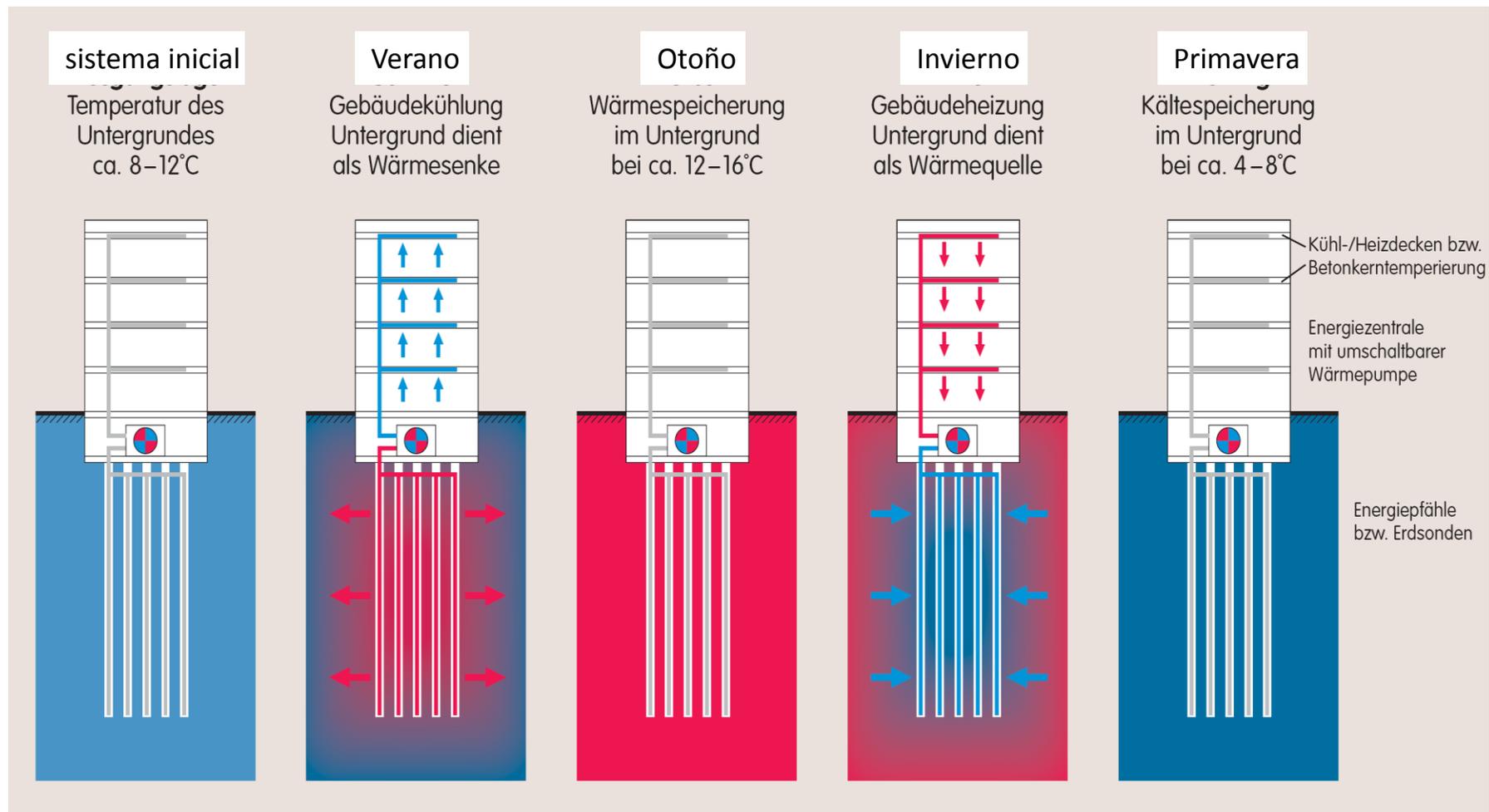
Estructura: Núcleo sólido

concreto reforzado
columnas Pretensado
losas de techo de hormigón



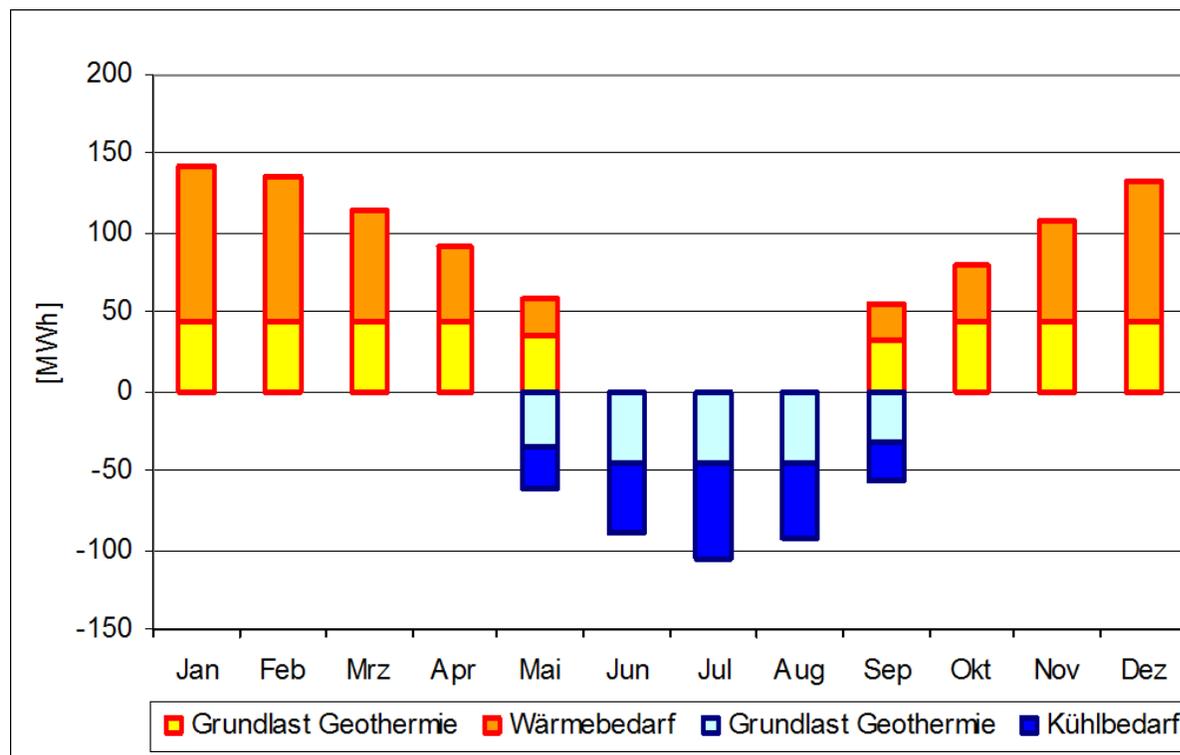
Casa excéntrica - suministro de frío y calor

Servicios del edificio



Casa excéntrica - suministro de frío y calor

Servicios del edificio



Requisito de calefacción: 500 MWh/a carga base, (coeficiente de rendimiento 4 / temperatura del fluido: 35° C)

- 125 MWh/a eléctrico (componente de la bomba de calor)
- 375 MWh/a geotérmica (proporción de campo de sondeo)
- Necesidad de enfriamiento: 200 MWh/a carga base (temperatura de flujo) 16° C
- 100 % geotérmica (refrigeración directa)

Usos directo del agua subteranea

1. Usos directos del agua subterránea
2. Uso térmico directo con intercambiadores de calor de pozos de sondeo y pilotes de energía
3. Calentamiento o enfriamiento del aire en el subsuelo
4. Solar térmica + sistemas híbridos geotérmicos



UNAH



BGR giz



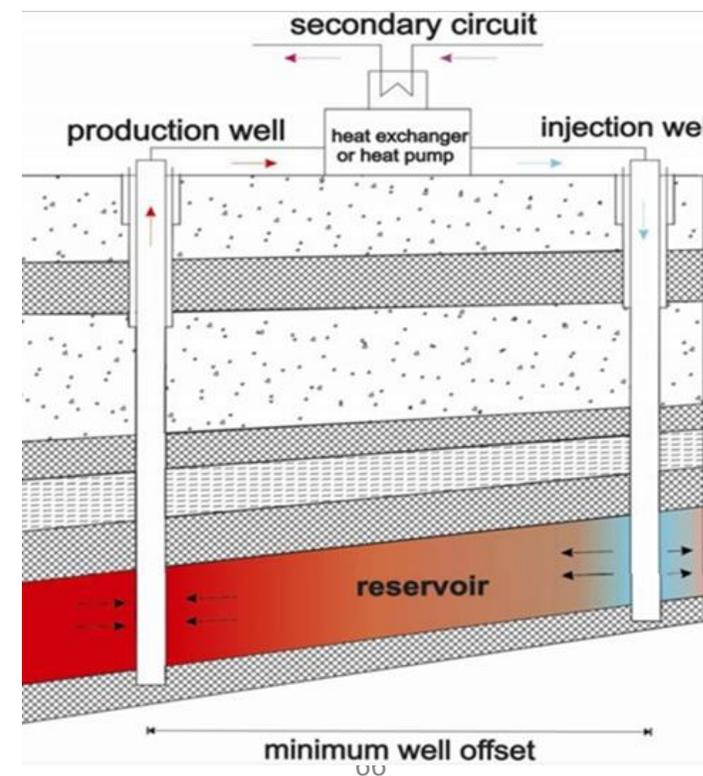
1. Usos directos del agua subterránea

Para el uso directo del agua subterránea se necesitan al menos 2 pozos en el mismo acuífero - un pozo de producción y un pozo de inyección.

Por regla general, es necesaria la reinyección en el mismo acuífero (operación de doblete). El agua se extrae de uno o más pozos de producción, se enfría o se calienta mediante un intercambiador de calor y luego se devuelve a través de uno o más pozos de inyección.

Los pozos de inyección deben estar situados en la dirección del flujo de agua subterránea a una distancia suficiente de los pozos de producción para evitar cortocircuitos térmicos.

Estos sistemas deben ser diseñados y operados de manera que las repercusiones térmicas que afecten a los pozos de producción no ocurran, como mínimo, hasta dentro de unos 30 años.



Usos directo del agua subterránea



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE HONDURAS



cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

BGR giz



Usos directos del agua subterránea - calefacción industrial / secado / agricultura / acuicultura

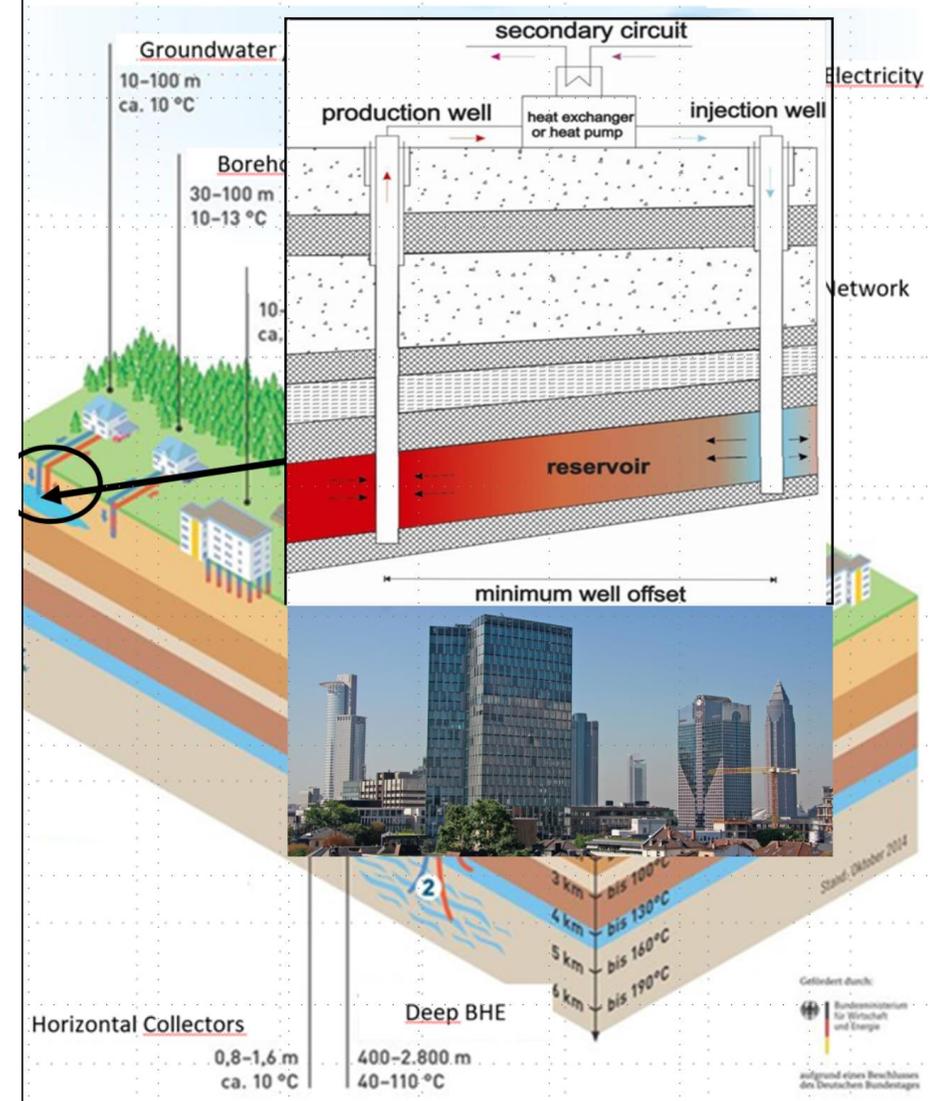
Las aguas subterráneas situadas cerca de la superficie están sujetas a fluctuaciones estacionales de temperatura.

Las aguas subterráneas más profundas que la zona neutra de aproximadamente 10 m por debajo del nivel del suelo y hasta profundidades de 50 m a 100 m tienen una temperatura de alrededor de 10-20 °C que permanece relativamente constante durante todo el año. En función de la temperatura de proceso requerida, puede utilizarse directamente como fuente o disipador de calor en diferentes aplicaciones como en la industria, la agricultura o la construcción urbana.

Posibilidad de precalentar el aire a temperatura ambiente más fría con agua subterránea mediante un intercambiador de calor (precalentamiento de aire fresco). Especialmente cuando hay una gran demanda de aire fresco, esto puede suponer un ahorro considerable de energía.

Usos directo del agua subterránea

Low Enthalpy Uses from shallow and deep resources
Technologies, Depths and Temperature



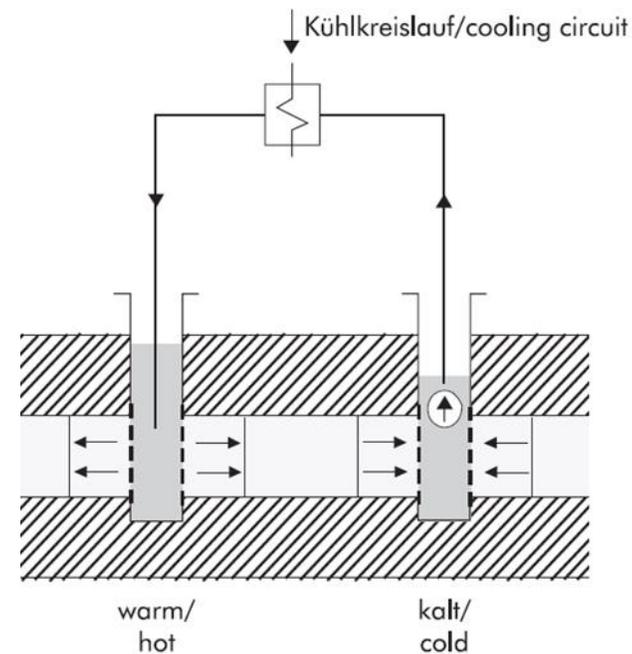
Usos directos del agua subterránea – enfriamiento

El agua no debe enfriarse en promedio más de 6 K debido a posibles efectos ambientales.

Durante el intercambio de calor, el agua no debe enfriarse hasta el punto de congelación, ya que la congelación posterior podría dañar permanentemente los intercambiadores de calor.

Agua subterránea utilizada como disipador de calor para enfriamiento. Es importante la refrigeración del espacio. Debido al nivel de temperatura, los procesos de transferencia de calor son necesarios y se pueden gestionar con pequeñas diferencias de temperatura; en otras palabras, requieren grandes superficies para el intercambio real de calor.

El aire se enfría en un intercambiador de calor y se transporta a la habitación. En la llamada "refrigeración silenciosa", el agua subterránea fría puede ser conducida a través de un techo refrigerante.



Usos directo del agua subteranea

Usos directos del agua subterránea – enfriamiento

Acondicionamiento de componentes de edificios: Las tuberías se incorporan a los componentes del edificio, como paredes, techos o suelos, y el agua fría circula a través de ellos.

Asegúrese de que las temperaturas no descieran por debajo del punto de condensación!

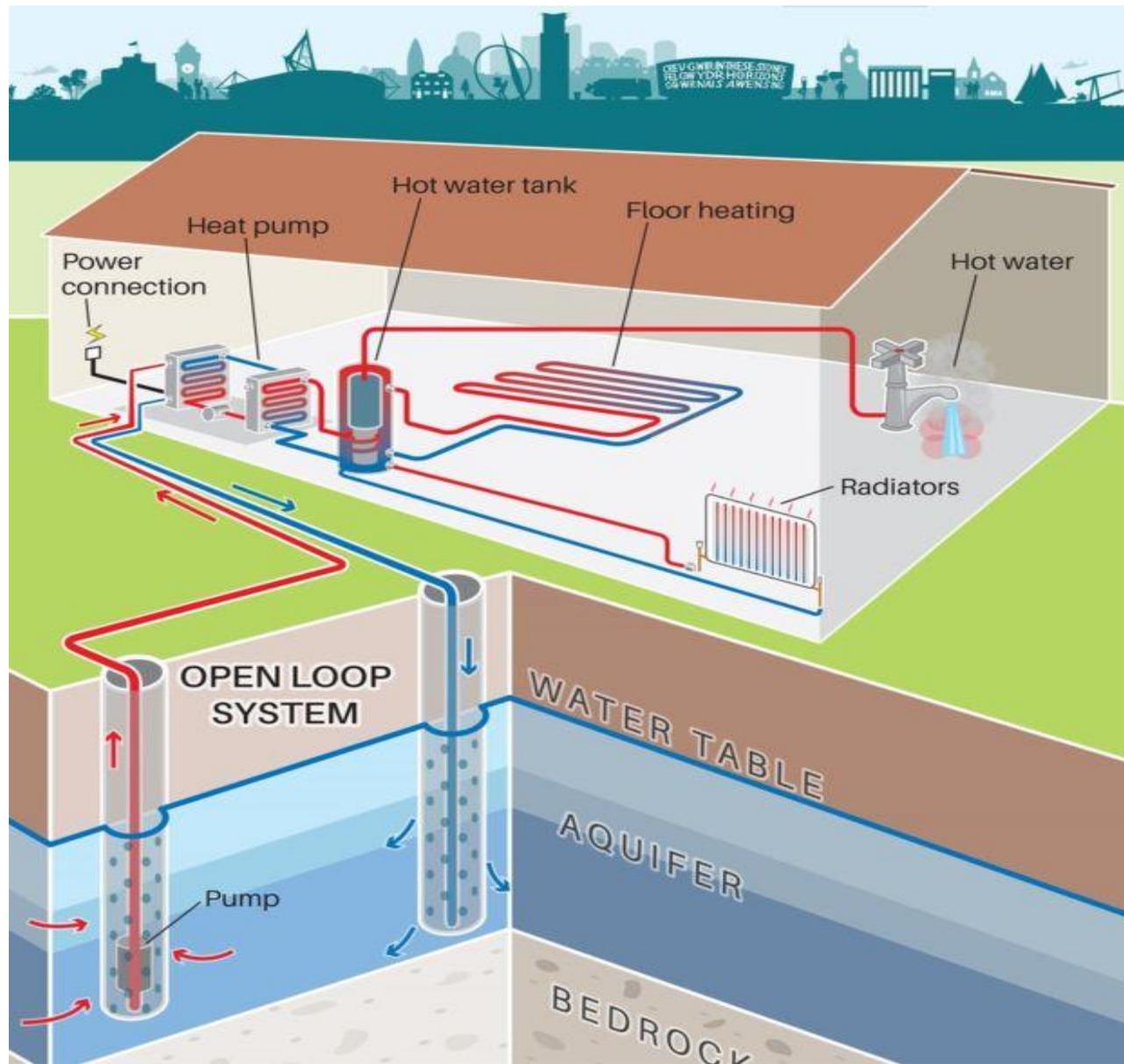
(condensación que aparece en las superficies de los componentes).

Refrigeración en procesos industriales de fabricación y producción. Cuando el agua se utiliza como portador de calor, permite que el calor se extraiga específicamente directamente del lugar donde se origina.

En caso de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas: debe utilizarse un circuito intermedio separado hidráulicamente.



Usos directo del agua subteranea



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE HONDURAS



BGR

giz



Usos directo del agua subteranea

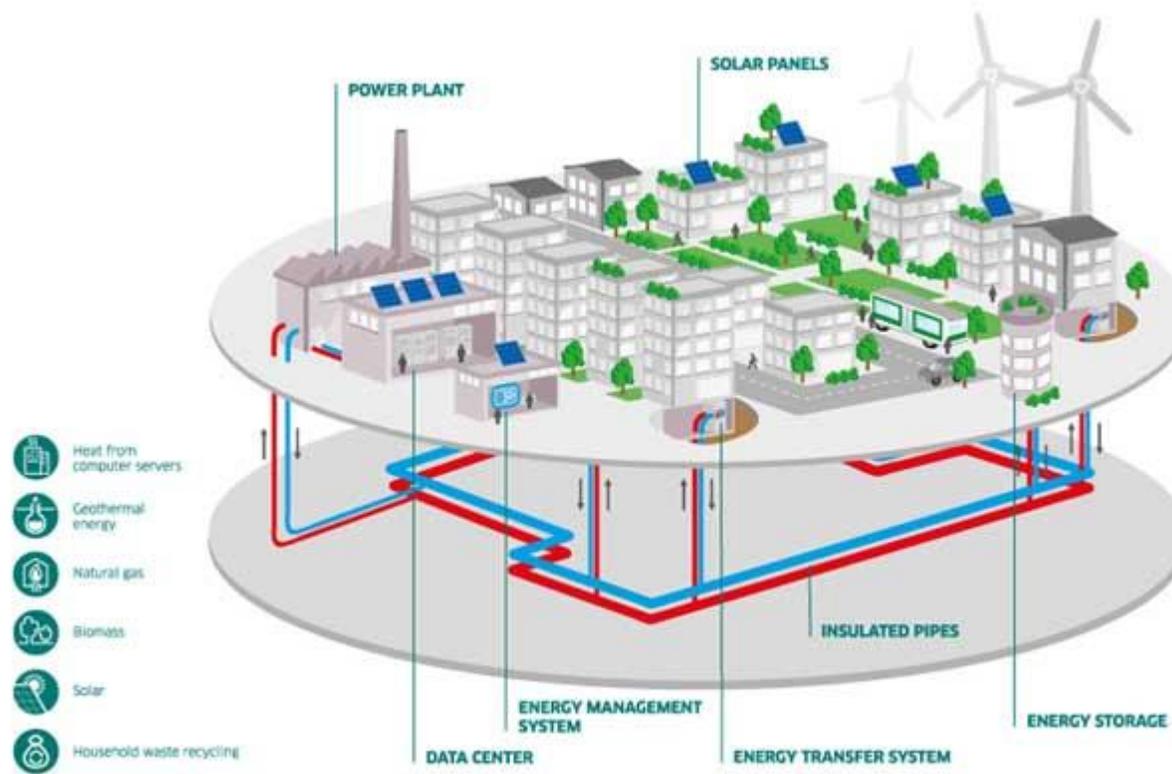


UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

giz



2. Uso térmico directo con intercambiadores de calor de pozos de sondeo y pilotes de energía

Con los intercambiadores de calor de suelo verticales, como los intercambiadores de calor de sondeo o los pilotes de energía, la energía puede extraerse del suelo o depositarse en él sin necesidad de utilizar bombas de calor.

Los niveles de energía son considerablemente bajos (relativamente altos para fines de refrigeración, es decir, $+20\text{ °C}$ y más, y menos de $+5\text{ °C}$ para calefacción).

Enfriamiento: cuando hay falta de agua superficial o subterránea. Ejemplo: refrigeración de centros de cálculo, hoteles, plantas de telecomunicaciones, transmisores de telefonía móvil, etc.

Asegúrese de que no se supere una temperatura específica durante un período de tiempo determinado (por ejemplo, la vida útil del equipo electrónico: 10 años).

El agua recircula a través de los intercambiadores de calor de pozo y absorbe el calor de la habitación o enfría el aire de suministro mientras que el suelo que rodea a los intercambiadores de calor de pozo sea aproximadamente 5 K más frío que el aire de la habitación o el aire de suministro.

Usos directo con intercambiadores de calor de pozos de sondeo y pilotes de energía

2. Uso térmico directo con intercambiadores de calor de pozos de sondeo y pilotes de energía

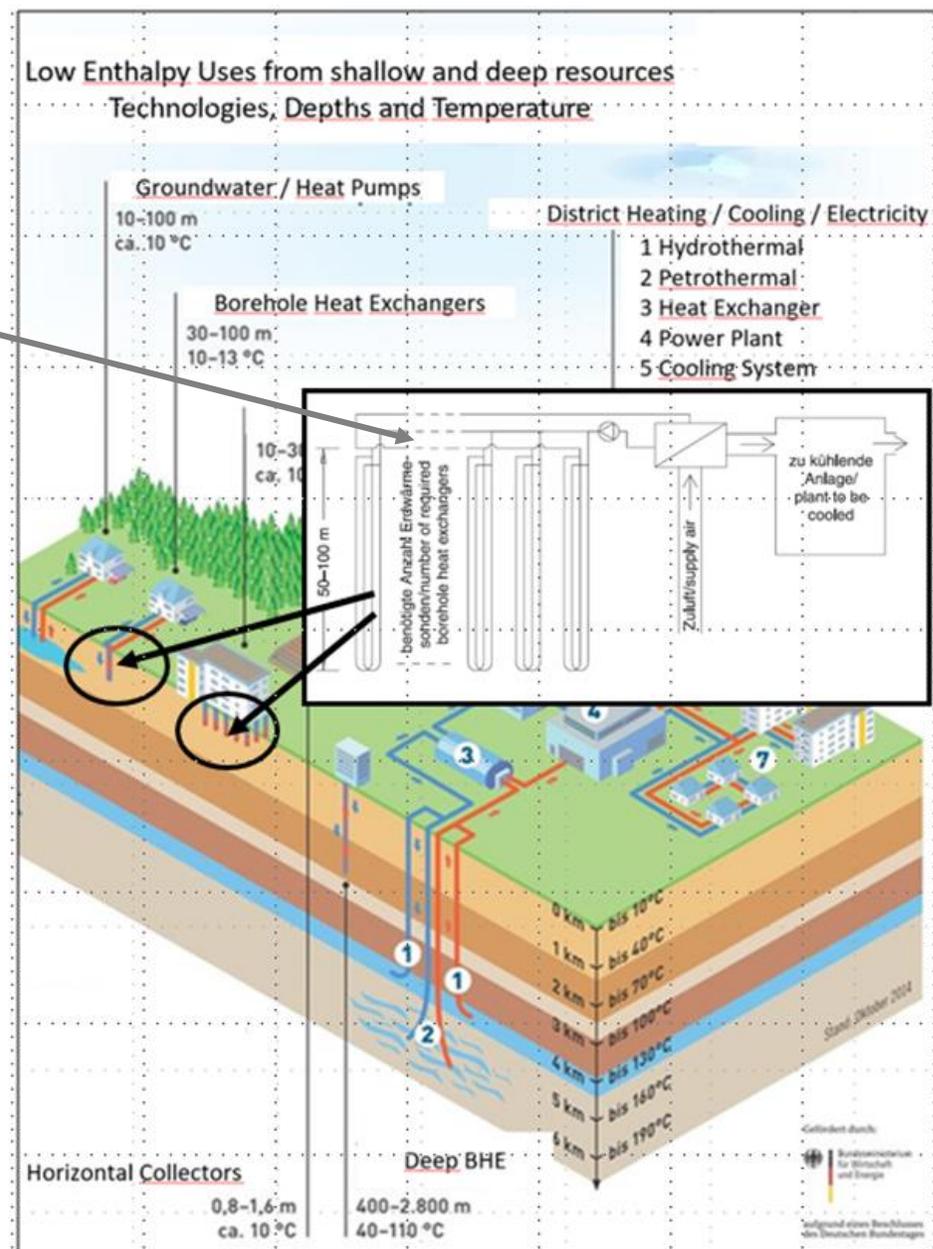
Esquema general de distribución:

Si el aire exterior está lo suficientemente frío, se utilizará directamente para la refrigeración; a medida que la temperatura del aire aumente, se encenderá la bomba de circulación.

También es posible dejar la bomba de circulación funcionando permanentemente. De este modo, el aire se precalienta y se enfría en el suelo.

Otros sistemas posibles:

- Enfriamiento de procesos industriales
- Precalentamiento o preenfriamiento del aire de ventilación





UNAH



BGR

giz



2. Intercambiadores de calor de pozos de sondeo y pilotes de energía

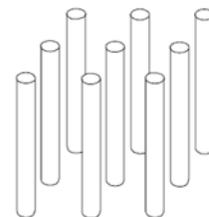
Usos directo con intercambiadores de calor de pozos de sondeo y pilotes de energía

Los intercambiadores de calor de pozo que se utilizan exclusivamente con fines de refrigeración deben elegirse de la forma más abierta posible para permitir que el calor vuelva al suelo de la forma más eficiente posible.

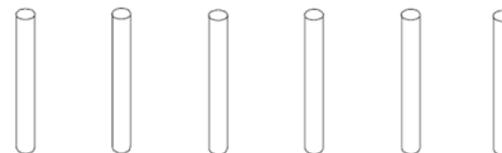
La solución ideal es una línea extendida de intercambiadores de calor para pozos de sondeo. Se deben evitar los arreglos complejos.

En el caso de los pilotes de energía, la ubicación de los pilotes en los cimientos del edificio predetermina una disposición particular que, por regla general, tiende a ser compleja (campos rectangulares).

Por esta razón, a veces es necesario enfriar el suelo. Por lo tanto, en este caso se dispone de un sistema de almacenamiento en frío.



Komplexes Feld, ungeeignet für reinen Wärmeentzug bzw. -eintrag/
complex field unsuitable for pure heat extraction or injection



Langgezogene Reihe, optimal geeignet für reinen Wärmeentzug bzw. -eintrag/
extended line, eminently suitable for pure heat extraction or injection

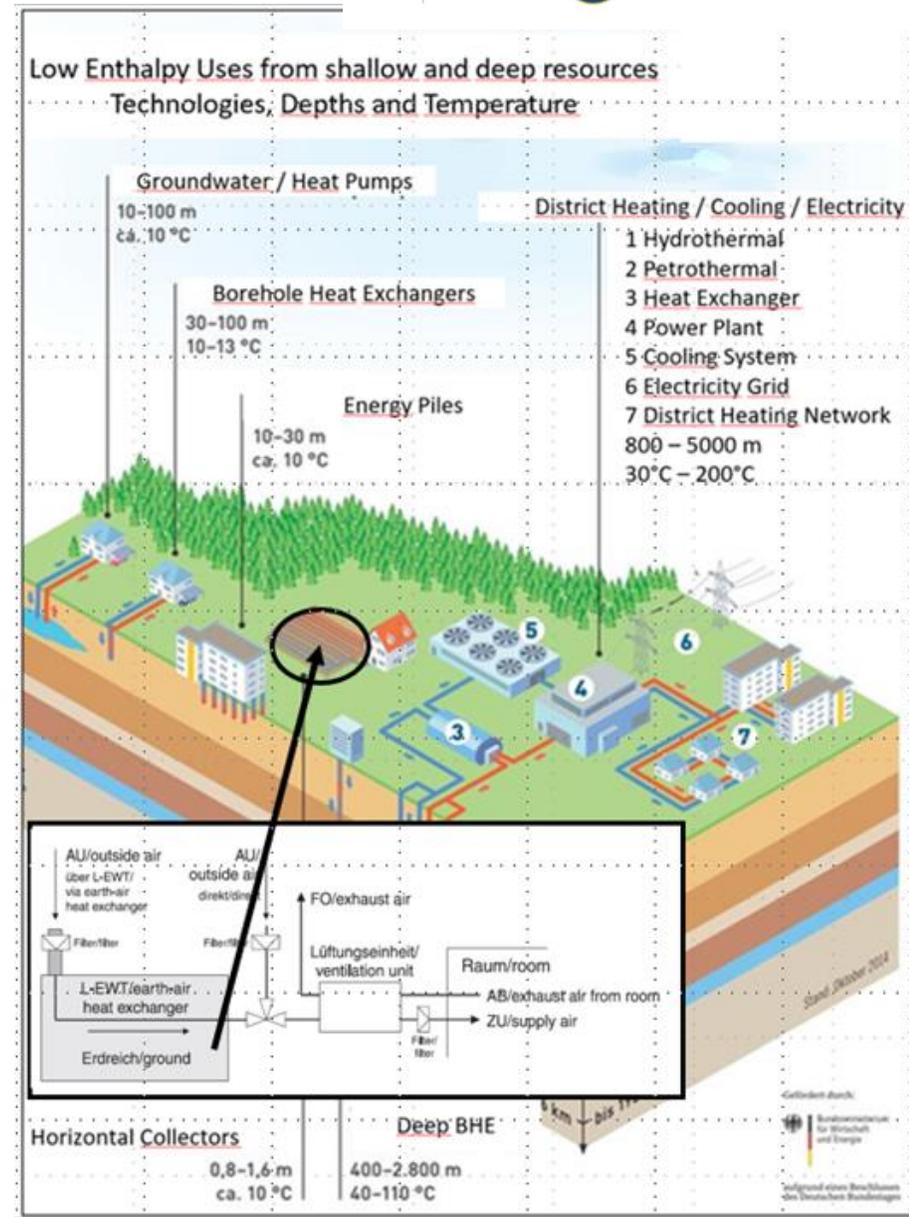
3. Calentamiento o enfriamiento del aire en el subsuelo

Independientemente de las influencias estacionales y de la irradiación solar, el suelo poco profundo (1,0 - 2,0 m) tiene una temperatura permanente de 10° - 15°C. Esto permite la implementación de intercambiadores de calor tierra-aire.

Consisten en tuberías o rejillas de tuberías colocadas horizontalmente en el suelo y a través de las cuales el aire exterior se introduce en el edificio a través del sistema de ventilación convencional.

La diferencia entre la temperatura del aire exterior y la del suelo produce un efecto de enfriamiento o calentamiento del aire transportado según la época del año.

Usos directo con intercambiadores de calor de pozos de sondeo y pilotes de energía



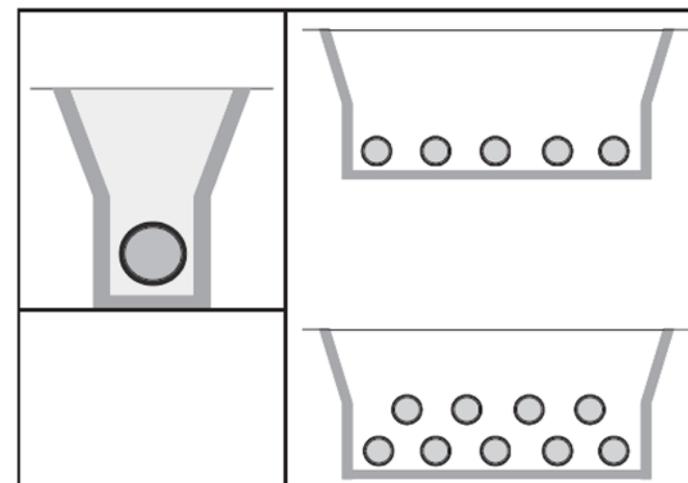
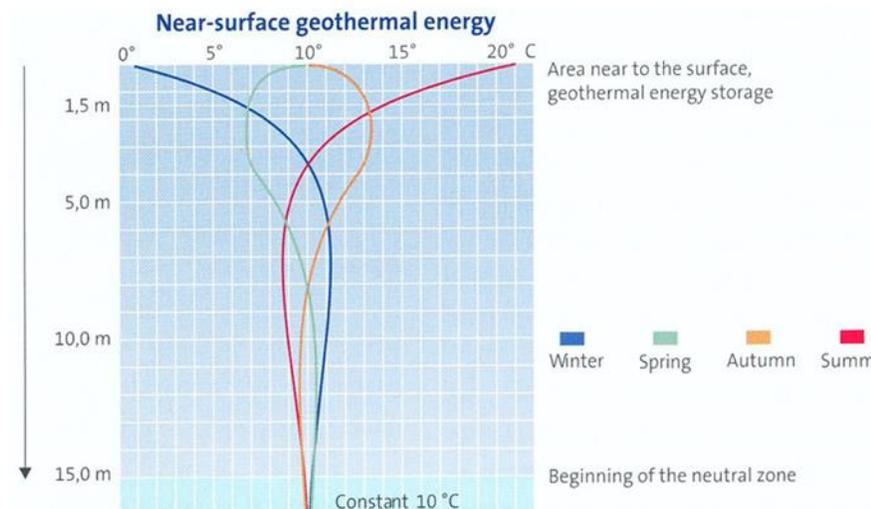
3. Calentamiento o enfriamiento del aire en el subsuelo

Usos directos Calentamiento o enfriamiento del aire en el subsuelo

La temperatura del suelo cerca de la superficie hasta la profundidad de la zona neutra es una representación de la temperatura ambiente media con desplazamiento de fase y amortiguación de amplitud.

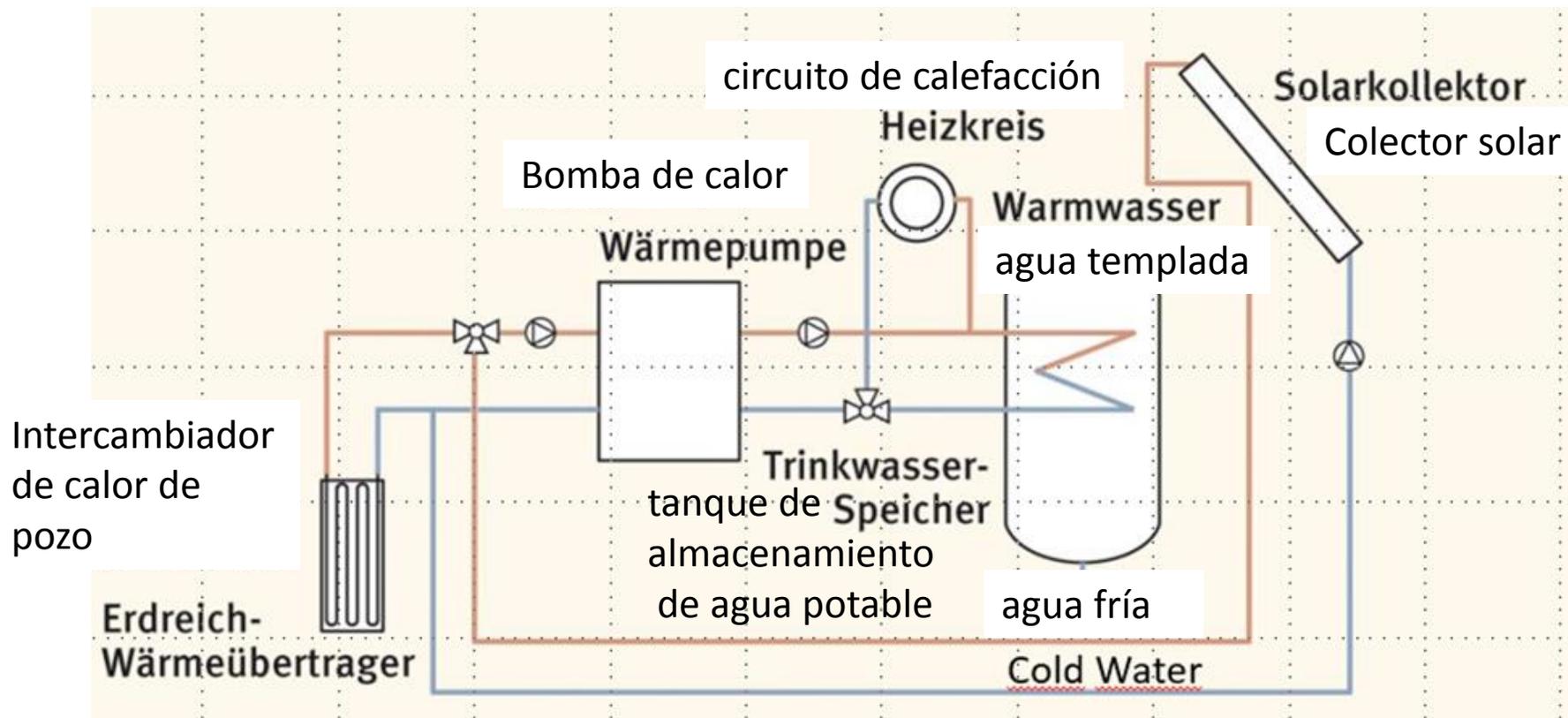
Este nivel de temperatura está determinado por las influencias meteorológicas, por los **parámetros térmicos e hidráulicos del suelo** y también por la naturaleza de la **superficie del suelo y el uso del suelo**.

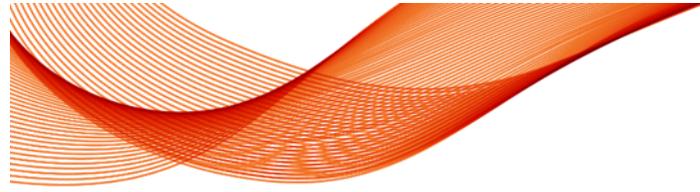
Durante el período de calentamiento, el aire exterior se calienta notablemente mediante el intercambiador de calor tierra-aire, de modo que la potencia del sistema de calefacción principal, que se requiere además, será considerablemente inferior a la de un sistema de calefacción convencional.



Sistemas Híbridos Geotermia + Solar Térmica

Usos directo:
Sistemas Híbridos





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

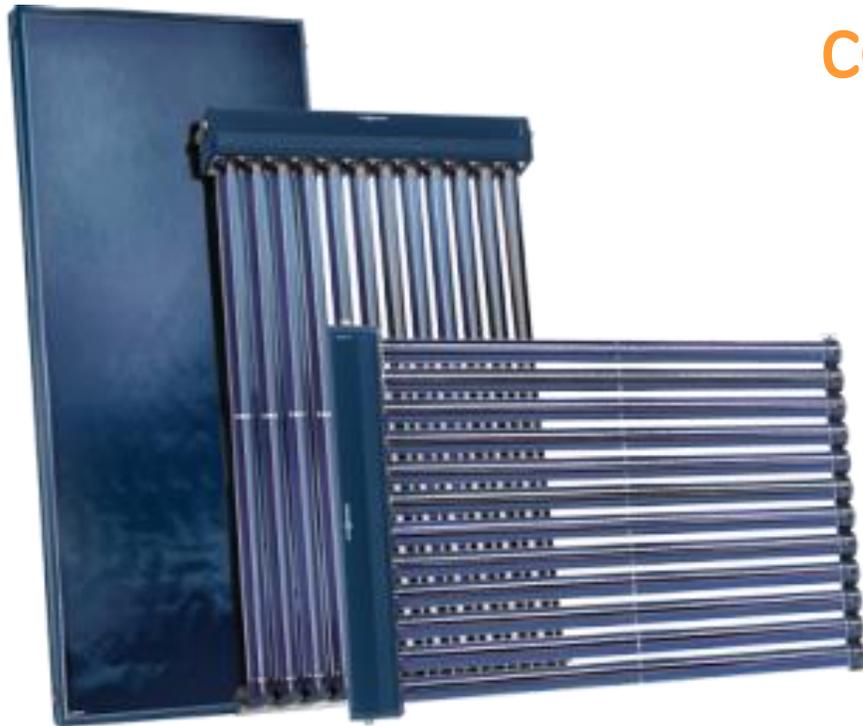


BGR giz



Usos directo:
Sistemas Híbridos

Principio de funcionamiento y tipos de colectores

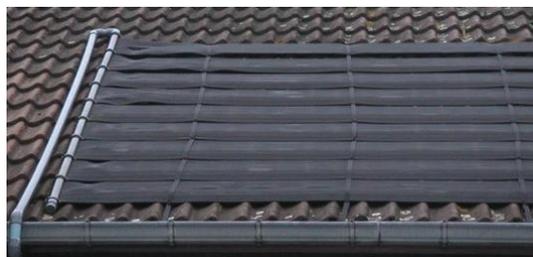


Source: Viessmann

Diseños de colectores

Usos directo:
Sistemas Híbridos

tubo flexible



Fuente: www.baunetzwissen.de

colector plano



Fuente: Solarbayer

Colector híbrido PV-T



Fuente: www.heizplan.ch

colector de tubos de vacío



Fuente: Viessmann

Calentamiento de piscinas por absorbedor solar

placas absorbentes



Source: www.trend-pool.de

Tubo flexible



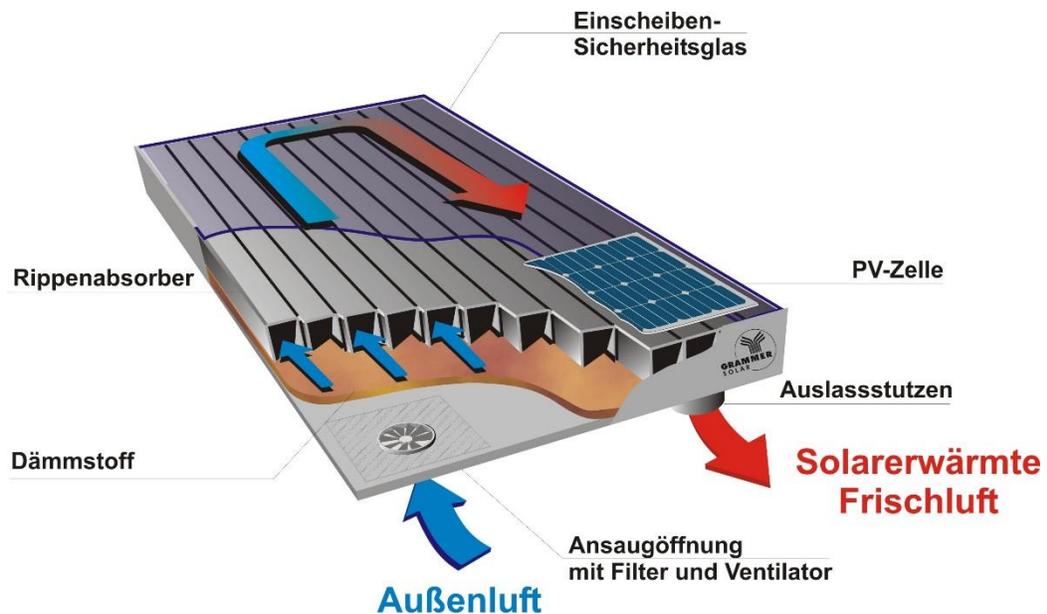
Source: www.baunetzwissen.de

- colectores de plástico sin esmalte
- Alfombras, placas o mangueras
- sólo se pueden conseguir pequeñas diferencias de temperatura
- no apto para la calefacción de locales y la obtención de agua caliente
- Aplicación: piscina o como fuente de calor de la bomba de calor

Usos directo:
Sistemas Híbridos

Colectores de aire

Usos directo:
Sistemas Híbridos

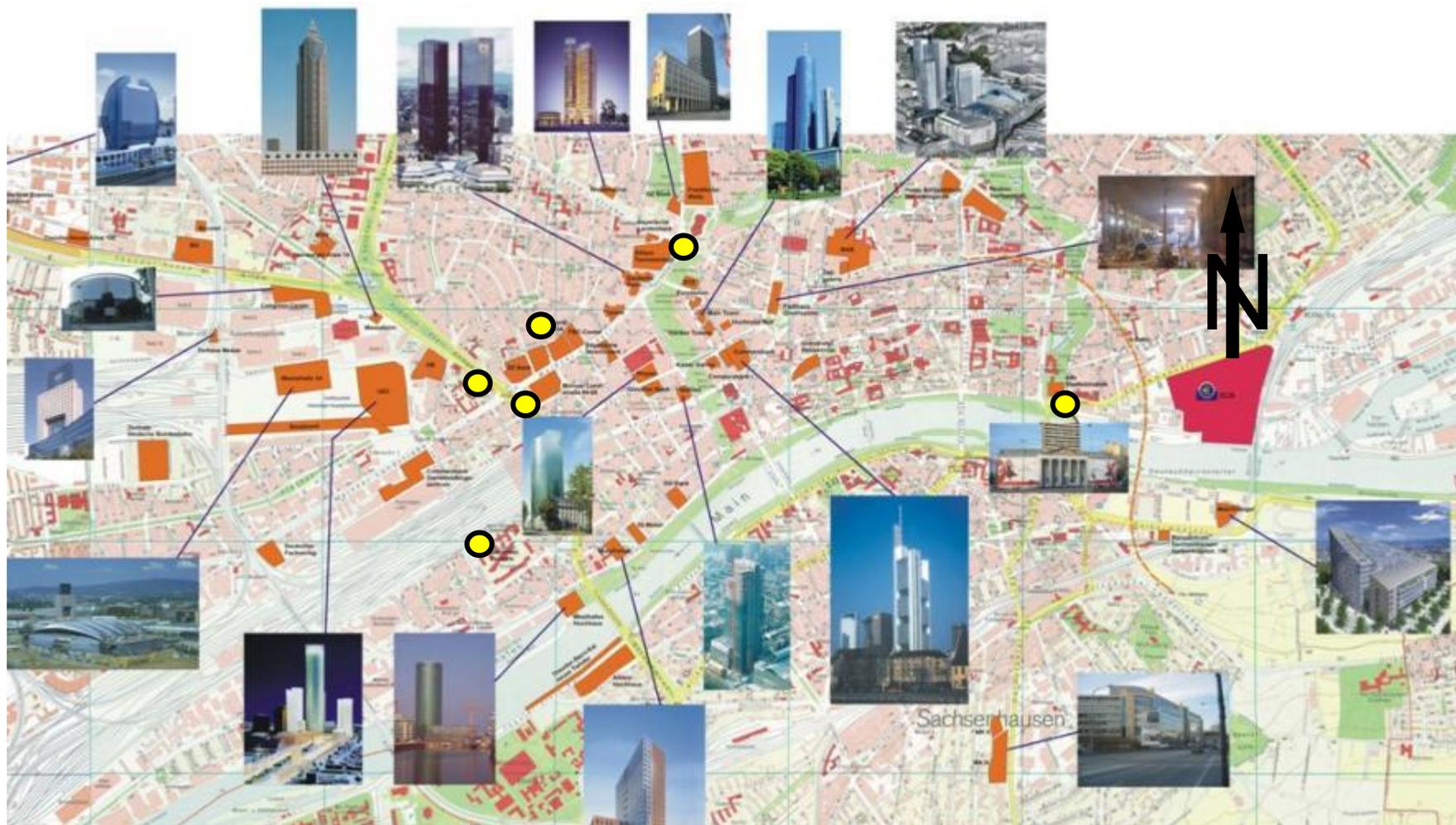


Fuente: Grammer Solar

- Los colectores de aire son ideales para sistemas de calefacción por aire
- En combinación con la energía fotovoltaica, se resuelve el problema de la disipación de calor cuando el tanque de almacenamiento está lleno.
- Además, es posible regenerar las sondas mediante el exceso de calor.

Almacenamiento termico subterraneo y grandes campos BHE

Usos directos:
Almacenamiento
de calor



● Proyectos con sistemas de almacenamiento estacional (Sass, 2011)



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Almacenamiento Subterránea de energía térmica (UTES)

Un sistema de almacenamiento de energía térmica debe tener una capacidad de absorción relativamente alta, debe ser capaz de:

1. absorber la energía rápidamente,
2. amortiguarlo por un período de tiempo relativamente corto y luego
3. entregar rápidamente.

Ejemplos de ello son el acumulador intermedio de agua caliente en un sistema de calefacción urbano o un acumulador intermedio de hielo en un sistema de refrigeración.

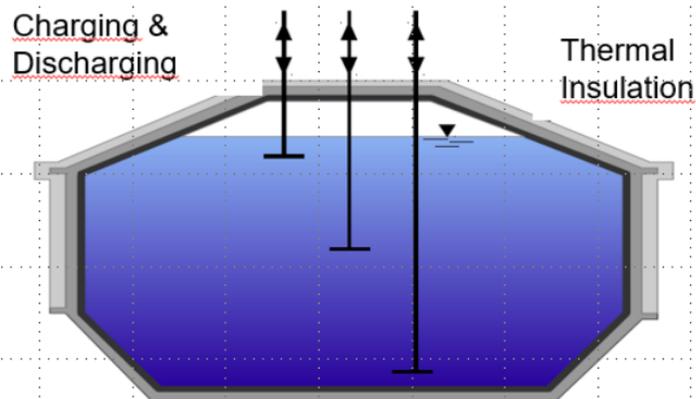
El objetivo del almacenamiento intermedio es reducir la producción necesaria del productor de energía.

Si el propósito principal del almacenamiento es superar el tiempo entre la oferta y la demanda ...

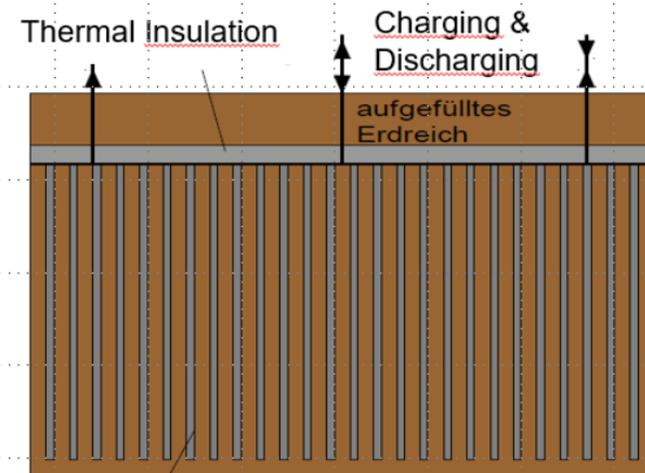
1. El Sistema de almacenamiento debe aceptar una cantidad relativamente grande de energía térmica,
2. almacenarlo durante un largo período de tiempo, y luego
3. ser capaz de entregar lo más cerca posible toda la energía de nuevo cuando necesario.

Usos directo:
Almacenamiento
de calor

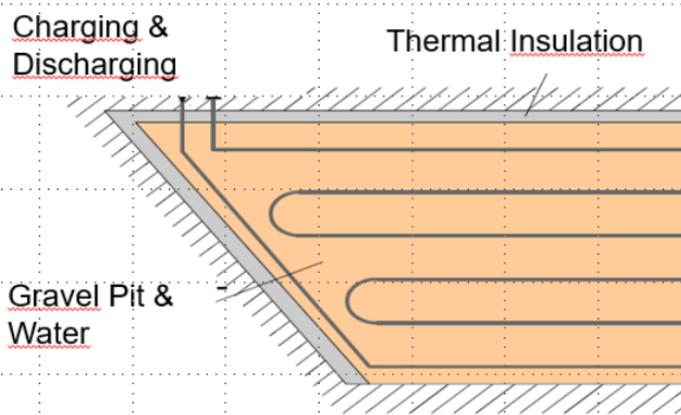
Underground thermal energy storage concepts



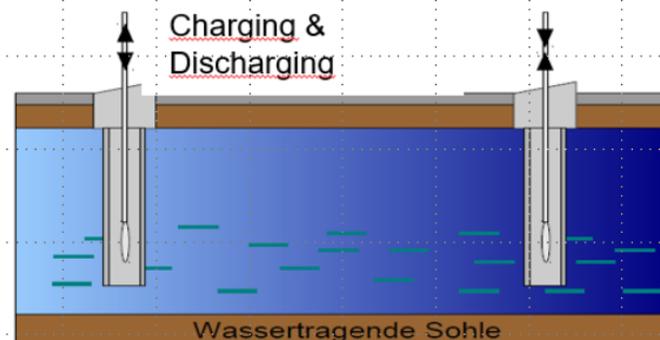
Watertank Storage



Borehole Thermal Energy Storage

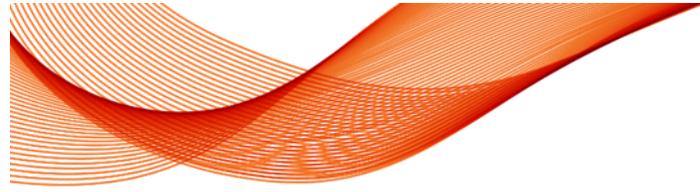


Water-Gravel Pit Storage



Aquifer Thermal Energy Storage

Usos directo:
Almacenamiento
de calor



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



**Usos directo:
Almacenamiento
de calor**

La principal atención se centra en **conservación de energía**.

La cantidad de energía almacenada es más importante que la velocidad a la que la energía puede cargarse en el sistema de almacenamiento y luego descargarse de nuevo.

UTES puede ser desarrollado relativamente barato para grandes volúmenes y grandes capacidades de almacenamiento, los sistemas de almacenamiento reaccionan con relativa lentitud

Con UTES es posible introducir calor y/o frío en el subsuelo y recuperar el calor o el frío en una fecha posterior.

El período de almacenamiento puede ser de unas pocas horas, varios días o hasta varios meses.

Un ciclo de almacenamiento se define como el período que se extiende desde el inicio del proceso de carga hasta el final del proceso de descarga.

Si las temperaturas en los sistemas UTES son superiores a la temperatura ambiente natural del subsuelo durante la mayor parte del año:

-> Sistema de almacenamiento de calor.

Si la temperatura es significativamente inferior a la temperatura natural del subsuelo:

-> Sistema de almacenamiento frigorífico.

En un "sistema de almacenamiento alterno", la temperatura del sistema alterna entre temperaturas por encima y por debajo de la temperatura natural del subsuelo (por ejemplo, en un ciclo estacional)

Para garantizar que el almacenamiento de energía represente un ahorro real de energía o un sustituto de los combustibles fósiles, es necesario en cada caso que la energía utilizada para cargar el sistema de almacenamiento adopte la forma de calor residual, que no puede utilizarse directamente.

La energía almacenada debe generarse principalmente a partir de fuentes de energía renovables y el consumo de energía primaria debe ser bajo.

Usos directo:
Almacenamiento
de calor

**Usos directo:
Almacenamiento
de calor**



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

giz



Energy source	Storage medium	Application/Use
<p>Cold stores Ambient air in winter Surface water Heat pump evaporator Gas expansion processes in industry</p> <p>Heat stores Solar heat (e.g. solar collectors, road surfaces, etc.) Geothermal heat Waste heat (industry, heat and power co-generation, refrigeration condensers)</p>	<p>General Groundwater (aquifer) Rock (e.g. through borehole heat exchangers) Water (caverns, abandoned mines, gravel pits, etc.)</p>	<p>Cold stores Chilling Direct cooling (space cooling, industrial process cooling) Indirect cooling (space air conditioning, deep freezing and cooling with refrigeration machinery)</p> <p>Heat stores Space heating Industrial process Road surface, etc.</p>



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR giz



Índice de utilización de UTES

La temperatura de descarga y la temperatura de retorno deben calcularse con un modelo computable adecuado para simular el transporte de calor y el flujo de agua subterránea en el subsuelo.

Usos directo:
Almacenamiento
de calor

Las temperaturas dependen de:

- diferencia entre la temperatura de almacenamiento y la temperatura ambiente
- diferencia entre la temperatura de retorno del consumidor y la temperatura ambiente
- temperatura mínima de descarga en caso de acumulación de calor o temperatura máxima de descarga en caso de almacenamiento en frío
- cantidad de energía térmica almacenada
- profundidad en el suelo en el que se encuentra el almacén de energía
- relación entre la dimensión de la altura y la sección transversal del depósito de energía
- las propiedades térmicas de las distintas capas del suelo (conductividad térmica λ y capacidad térmica en función del volumen $r \cdot cp$)
- tasa de flujo natural del agua subterránea
- permeabilidad, espesor y anisotropía de los estratos.

Usos directo: Almacenamiento de calor

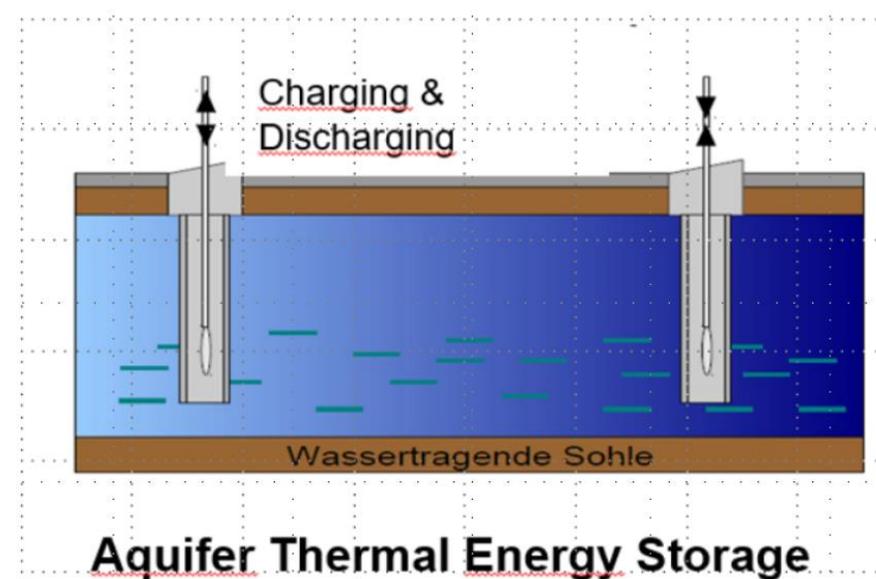
En la práctica, los sistemas de almacenamiento de acuíferos consisten en su mayor parte en estratos de arena, grava, arenisca o piedra caliza subterráneos ampliamente distribuidos, que a menudo están recubiertos y sustentados por estratos relativamente impermeables.

La temperatura original en el acumulador de calor del acuífero depende de la profundidad y suele estar entre 10 °C y 20 °C.

La composición química de las aguas varía mucho y debe ser evaluada caso por caso.

Los estratos rocosos se dejan en su estado natural, inalterado, y el agua subterránea que contienen se utiliza directamente como medio de transferencia de calor para almacenar calor o frío.

La energía se almacena en el agua subterránea y en gran medida también en la matriz rocosa.





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

giz



Almacenamiento del acuífero mediante perforaciones que sirven como pozos de extracción o inyección o están diseñados para ambas funciones.

Toda el agua subterránea bombeada es devuelta al acuífero del que fue extraída.

Los pozos o grupos de pozos deben estar dispuestos de manera que la influencia térmica o hidráulica entre los lados caliente y frío del sistema no tenga ningún efecto negativo en el proceso de almacenamiento.

El lado caliente y el lado frío del sistema están conectados por un sistema de tuberías con el intercambiador de calor para introducir o extraer el calor o el frío.

Dependiendo de las condiciones hidroquímicas del emplazamiento y de la temperatura de almacenamiento prevista, se necesitan equipos auxiliares tales como sistemas de mantenimiento de presión, sistemas de gas de protección, sistemas de procesamiento de agua y sistemas de filtración por razones de fiabilidad operativa.

Usos directo:
Almacenamiento
de calor

**Usos directo:
Almacenamiento
de calor**



UNAH



BGR giz

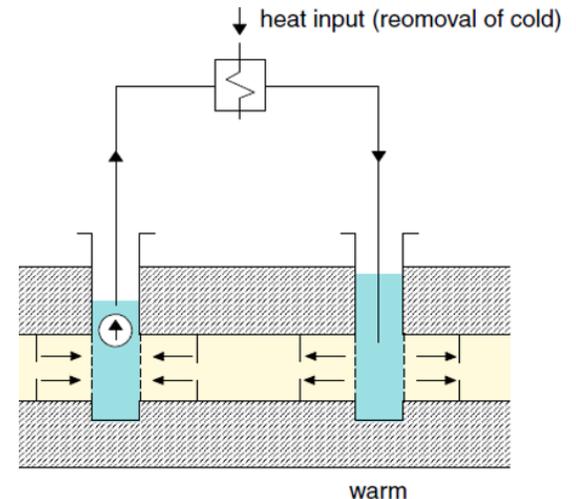


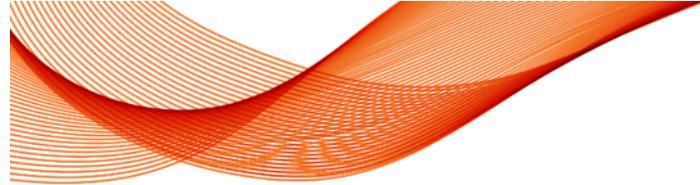
Básicamente, dos estrategias operativas son posibles :

- Dependiendo del modo de funcionamiento (por ejemplo, calefacción/ refrigeración) se utiliza un pozo o un grupo de pozos para extraer agua subterránea y otro pozo para reinyectar el agua subterránea. Cuando el modo de operación cambia, la función de los pozos también cambia. Después de algunos ciclos de trabajo se desarrollan zonas "frías" y "cálidas" alrededor de los respectivos pozos.
-> "principio alternante".

- Un pozo o un grupo de pozos se utiliza para bombear continuamente el agua subterránea y un segundo pozo se utiliza para reinyectar el agua subterránea. Dependiendo del funcionamiento Del acumulador térmico, el agua reinyectada se calienta o se enfría; si los caudales son largos, una temperatura media corresponde a la temperatura natural del subsuelo que se alcanza en el momento en que se alcanza el pozo de extracción.

-> Los sistemas sólo han sido construidos como cámaras frigoríficas. -> El acuífero no sufre estrés térmico a largo plazo.





UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

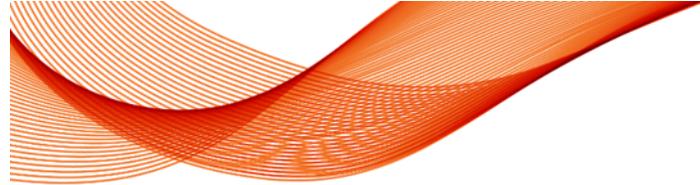


BGR

giz



GRACIAS



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

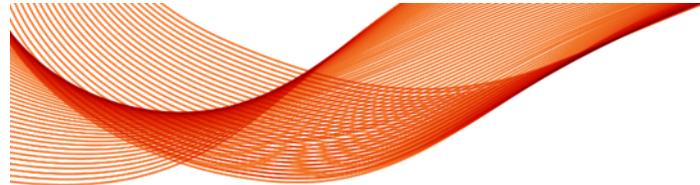


BGR

giz



PAZ y BIEN



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



BGR

giz



Como empresa federal, GIZ brinda apoyo al gobierno alemán en el logro de sus objetivos en el área de la cooperación internacional, para el desarrollo sostenible.

Publicado por

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la empresa, Bonn and Eschborn, Alemania

Programa Fomento de la Geotermia en Centroamérica

Agencia GIZ San Salvador

Apdo. Postal 755

Bulevar Orden de Malta, Casa de la Cooperación Alemana,

Urbanización Santa Elena, Antiguo Cuscatlán,

La Libertad, El Salvador, C.A.

T +503 2121-5145

F +503 2121-5101

E energia.ca@giz.de

I www.giz.de

I www.sica.int/energias4e

Presentador:

Prof. Dr. Rolf Bracke

Autor:

Equipo Programas 4E/Geotermia

Créditos de las Fotos:

©

Layout

GIZ



www.sica.int/energias4e



SICA
Sistema de la Integración
Centroamericana

www.sica.int/sgsica