



Sistema de **geotermia**

**FERRO****TERM**





Sistema de **Geotermia**

**FERRO****TERM**



# contenidos

<b>01</b>	<b>PLÁSTICOS FERRO</b>	<b>4</b>
<b>02</b>	<b>CALIDAD Y GARANTÍAS</b>	<b>5</b>
<b>03</b>	<b>GEOTERMIA</b>	<b>6</b>
03.1	DEFINICIÓN DE GEOTERMIA	8
03.2	GEOTERMIA CON SISTEMA CERRADO DE MUY BAJA TEMPERATURA: <b>SISTEMA FERROTERM</b>	10
03.3	VENTAJAS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA	13
<b>04</b>	<b>GAMA SISTEMA FERROTERM</b>	<b>14</b>
04.1	SISTEMAS DE CAPTACIÓN	14
	Sondas verticales	14
	Sondas horizontales	15
04.2	TUBOS DE INYECCIÓN	15
04.3	TUBOS PARA CONEXIONES	15
04.4	COLECTOR MODULAR	16
04.5	ACCESORIOS	16
<b>05</b>	<b>CRITERIOS DE DISEÑO, CÁLCULO Y MONTAJE</b>	<b>19</b>
05.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	20
	Polietileno de alta densidad (PE-100)	21
	Polietileno reticulado (PE-X)	21
05.2	DISEÑO	22
05.3	CÁLCULO	24
05.4	EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN	28
	05.4.1 Pruebas de presión en sondas verticales	30
	05.4.2 Pruebas de presión en sondas horizontales	30
	05.4.3 Pruebas de estanqueidad y presión del sistema	30
<b>06</b>	<b>CONDICIONES GENERALES DE VENTA</b>	<b>31</b>

# 01 Plásticos Ferro

Plásticos Ferro es una empresa perteneciente al **Grupo GPF**, líder en el mercado español de tuberías y accesorios plásticos con más de 50 años de trayectoria.

Plásticos Ferro fabrica y comercializa sistemas para ofrecer soluciones integrales a cualquier tipo de necesidad en materia de conducciones y canalizaciones, considerando los plásticos como sus materiales fundamentales y buscando, a través de la innovación y el desarrollo constantes, la plena satisfacción del cliente con productos y servicios que respondan a sus necesidades.

Consciente de la creciente importancia económica, social y ambiental de las energías renovables, y fiel a su compromiso con la mejora continua y la protección del medio ambiente, Plásticos Ferro ha desarrollado el nuevo **SISTEMA DE GEOTERMIA "FERROTERM"**. Este sistema completa la gama de productos con los que la compañía había colaborado en diferentes proyectos dentro de este campo de aplicación, aportando así una alternativa técnica y comercial adecuada a las necesidades actuales y futuras del mercado.

Con unas instalaciones industriales y logísticas dotadas de los medios más avanzados, y con un equipo humano experto e ilusionado con el proyecto, el compromiso de Plásticos Ferro es continuar contribuyendo muy activamente a la sostenibilidad de nuestro modelo energético y al crecimiento y desarrollo del aprovechamiento de la energía geotérmica, ofreciendo a sus clientes soluciones de máxima calidad y altamente competitivas.



02

# Calidad y garantías

**Plásticos Ferro garantiza su Sistema de Geotermia FERROTERM contra cualquier defecto de fabricación en cualquier país del mundo (excepto USA y Canadá) por un periodo de DIEZ AÑOS a partir de la fecha de suministro.** Plásticos Ferro, mediante Póliza de Responsabilidad Civil, garantiza los eventuales daños que los sistemas de tubos y accesorios defectuosos pudieran ocasionar a terceros, hasta un máximo de TRES MILLONES DE EUROS.

Las tuberías de polietileno PE-100 de las sondas geotérmicas FERROTERM se fabrican según las exigencias y criterios de la norma **UNE EN 12201**, controlándose su calidad de manera continua mediante la realización de los ensayos señalados en la normativa correspondiente.

Los pies de sonda utilizados en los sistemas de captación vertical FERROTERM están certificados por SKZ siguiendo la directriz HR 3.26: 2009-01.

**La totalidad de las sondas geotérmicas FERROTERM son testadas en fábrica**, una vez finalizado el proceso productivo, y periódicamente son sometidas a ensayos según DVS-2202-1 y DVS-2203-6.

Todos los datos relativos a la soldadura quedan recogidos en la etiqueta que se adhiere en cada captador vertical, se registran en el **Certificado de Garantía** de cada instalación y son archivados por el Departamento de Calidad, garantizando una completa trazabilidad.



FERROTERM PE-100

03

## Geotermia

El modelo energético tradicional, basado en la generación de energía a partir de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas) y con una elevada volatilidad en los precios, nos hace cada vez más vulnerables y dependientes: son recursos limitados, localizados en zonas específicas.

La creciente concienciación con la protección del medio ambiente, unida a la amenaza del cambio climático, obliga a la búsqueda de un **modelo futuro más sostenible e independiente**, seguro, ilimitado, competitivo y que combine ahorro energético y respeto por el medio ambiente.



## 03.1

# Definición de geotermia

La **Geotermia** es el **aprovechamiento de la energía almacenada en forma de calor bajo la superficie de la tierra**. Esta energía puede aprovecharse para la producción directa de calor para la generación de electricidad.

La energía geotérmica proviene del flujo de calor ascendente desde el interior del planeta y, en menor medida, de la radiación solar. La energía térmica del planeta no es eterna, pero es **inagotable**, lo que la convierte en una fuente limpia y renovable, de producción continua las 24 horas del día, los 365 días del año.

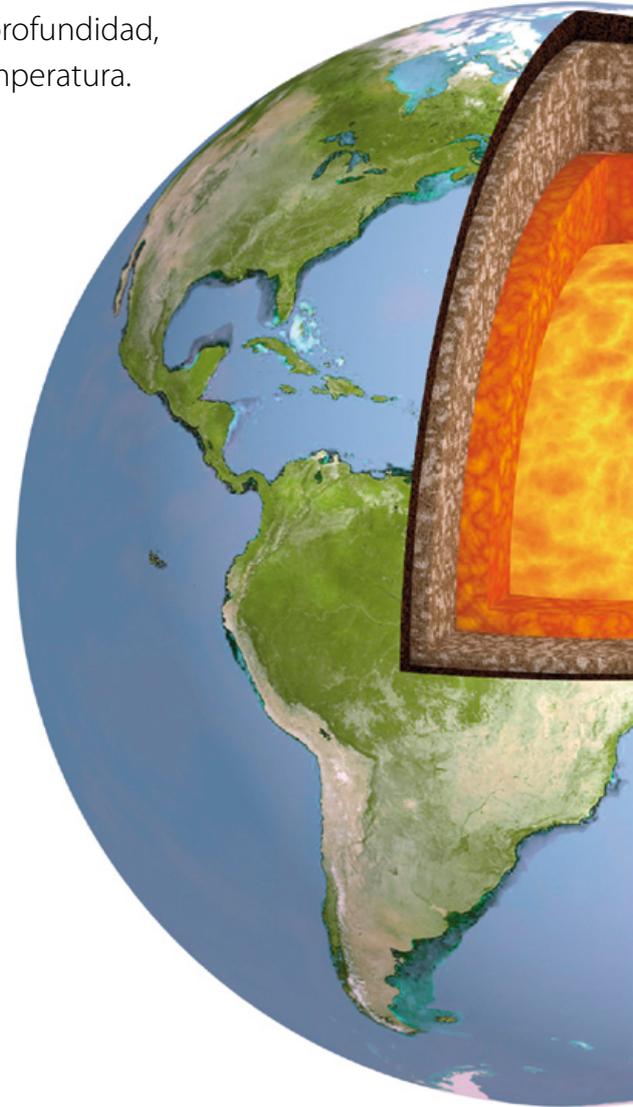
Se denomina **entalpía** a la cantidad de energía térmica que un fluido u objeto pueden intercambiar con su entorno. Se expresa en kJ/Kg. o en Kcal/Kg. No existen aparatos que determinen la entalpía de un fluido en el subsuelo, pero sí sondas que miden la temperatura, y como temperatura y entalpía pueden considerarse proporcionales, se ha generalizado el empleo de las temperaturas de los fluidos geotermiales en lugar de sus contenidos en calor.

**a. La energía geotérmica de alta entalpía** es la que aprovecha un recurso geotérmico que se encuentra en determinadas condiciones de presión y alta temperatura (>150°C). El aprovechamiento de este recurso puede hacerse directamente si se dan de forma natural las condiciones geológicas y físicas para ello. Si se dan las condiciones físico-geológicas adecuadas pero no existe fluido, éste podría inyectarse para crear un yacimiento de roca caliente seca (geotermia estimulada).

**b. La energía geotérmica de baja entalpía** basa sus aplicaciones en la capacidad que tiene el subsuelo para acumular calor y mantener una temperatura constante, entre 10 y 20 m de profundidad, a lo largo de todo el año. Ya que este calor es insuficiente para producir energía eléctrica, los recursos con temperaturas <70°C e incluso hasta 15°C pueden ser utilizados para producción de agua caliente sanitaria (ACS) y para climatización (calefacción y refrigeración), ayudándose de un sistema de bomba de calor.

## Temperatura de la Tierra

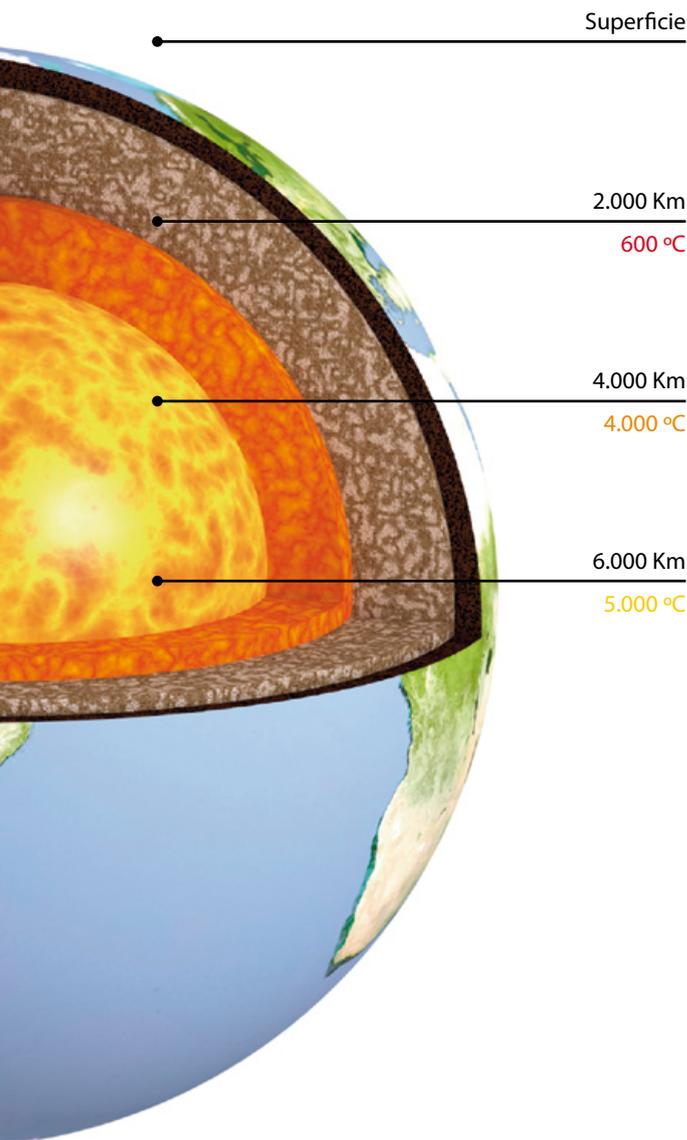
A mayor profundidad, mayor temperatura.



## TIPOS DE GEOTERMIA

Se pueden establecer cuatro categorías:

- **Alta temperatura (>150°C):** permite transformar directamente el vapor de agua en energía eléctrica.
- **Media temperatura (entre 80°C y 150°C):** permite producir energía eléctrica utilizando un fluido de intercambio, que es el que alimenta a las centrales.
- **Baja temperatura (entre 30°C y 80°C):** contenido en calor insuficiente para producir energía eléctrica, pero adecuado para calefacción de edificios y determinados procesos industriales y agrícolas.
- **Muy baja temperatura (<30°C):** puede ser utilizada para calefacción y climatización, necesitando emplear bombas de calor.



## USOS Y APLICACIONES

En función de su contenido en calor (temperatura del fluido geotermal) se determinarán los usos y aplicaciones de la energía geotérmica:

- **Producción de energía eléctrica** (energía geotérmica de alta entalpía). Uso de vapor de agua a presión para alimentar una turbina y generar electricidad, bien de forma directa (circuito abierto), o mediante un intercambiador de calor (circuito cerrado).
- **Aplicaciones térmicas.** Para las aplicaciones directas de calor geotérmico se dispone de un circuito secundario por el que circula un fluido a una temperatura que depende de la del recurso geotérmico a través del circuito primario y de la eficacia del intercambiador de calor. Dichas aplicaciones dependen del rango de las temperaturas del recurso e incluso pueden usarse en cascada según va disminuyendo su temperatura.

### Viviendas

- Calefacción, suelo radiante, refrigeración de edificios y producción de agua caliente sanitaria (ACS).
- De gran utilidad para calentar grandes superficies — el volumen de los complejos a calentar dependerá de la capacidad del acuífero y del número de pozos, así como de la capacidad de extracción mediante bombeo.

### Edificios públicos

- Calefacción, suelo radiante, refrigeración de edificios y producción de agua caliente sanitaria (ACS).
- Especialmente importante el uso en climatización de “spas”, balnearios, piscinas, etc.
- Suelo radiante de puentes o aceras.

### Agricultura y acuicultura

- Calefacción de invernaderos, acuicultura, producción agrícola de animales, calefacción e irrigación de suelos para cultivos, cultivo de hongos, producción de biocombustibles.
- Uso significativo para cultivo de plantas en invernaderos, donde lo que se pretende es reproducir las condiciones de humedad y temperatura ideales en ambientes que no las poseen de forma natural.
- Los recursos geotérmicos mejoran los rendimientos en las instalaciones agropecuarias.
- Climatización de aguas de piscifactorías, tanto de carácter fluvial o lacustre como marino, para algunas especies concretas.

### Procesos industriales

- En general, innumerables aplicaciones: todas aquellas que precisen de un tratamiento de calor o vapor de agua en su elaboración, por ejemplo, el manipulado de pasta de celulosa en la industria del papel, los aportes de calor necesarios en la industria del secado y envasado de ciertos alimentos o bien, a temperaturas más elevadas, el propio proceso de los alimentos en la industria conservera.
- Agua caliente para máquinas de lavado, estaciones de lavado de vehículos, refrigeración por absorción a diversas temperaturas, etc.
- Industria química.

La **Directiva Europea 2009/28/CEE de energías renovables** establece en España como objetivo obligatorio cubrir el **20% del consumo final bruto de energía con energías eficientes y renovables**, como lo es la energía geotérmica. Con ello se pretende incorporar sistemas renovables hasta ahora poco aprovechados, por lo que la geotermia tiene importantes objetivos a cumplir dentro del Plan de Energías Renovables 2011-2020.

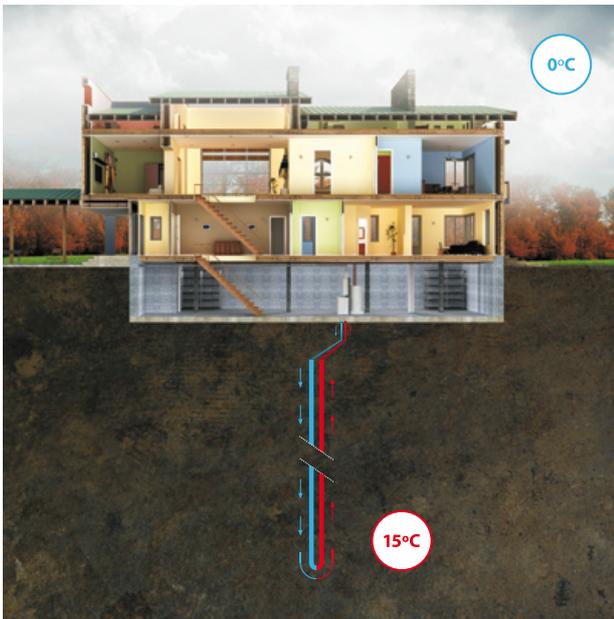
## 03.2

# Geotermia con sistema cerrado de muy baja temperatura: **Sistema FERROTERM**



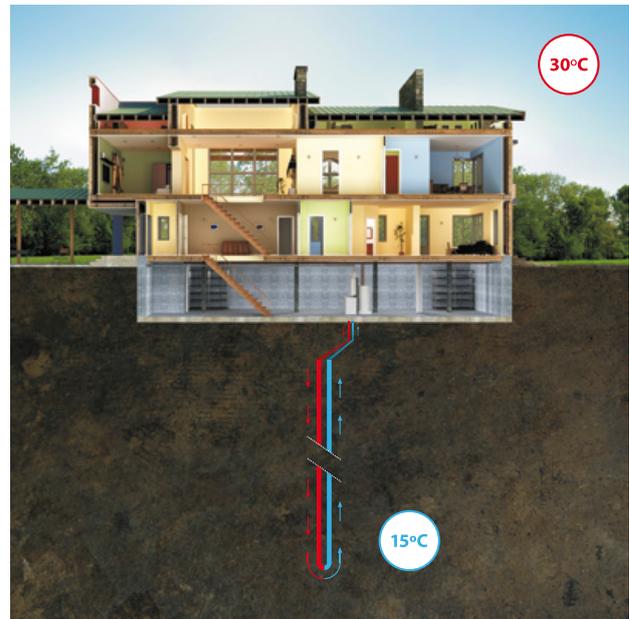
El sistema geotérmico FERROTERM es un sistema cerrado de baja temperatura para aplicación con bombas de calor geotérmicas, con captaciones en horizontal y vertical mediante sondas de polietileno.

### Invierno



*Durante los meses más fríos del año, se recoge el calor del subsuelo y se transfiere al edificio.*

### Verano



*Durante los meses más cálidos, el calor del edificio es recogido y transferido al subsuelo.*

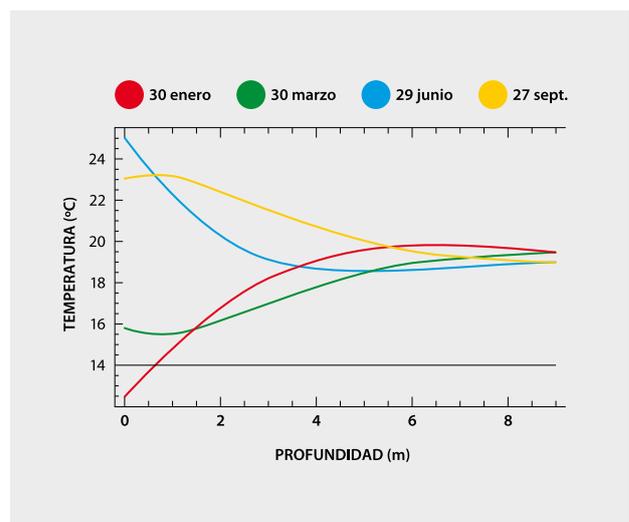
Estos tipos de aprovechamiento geotérmico se basan en que, en cualquier lugar del planeta, el **subsuelo** tiene una **temperatura más constante** que el aire exterior (a mayor profundidad menores fluctuaciones). En invierno el suelo estará más caliente que el ambiente exterior, y en verano más frío.

Un sistema de **bomba de calor geotérmica (BCGT)** tiene un funcionamiento similar al de un frigorífico doméstico, y puede aprovechar el diferencial de temperatura que se produce al enviar un fluido al subsuelo (3-5°C) para producir temperaturas de impulsión de hasta 50°C en calefacción y de 7°C en refrigeración.

En los primeros 15 metros de profundidad, la temperatura del terreno varía en función de las condiciones climáticas, **pero a partir de esta profundidad la temperatura se mantiene prácticamente constante durante todo el año**, aumentando unos 3°C cada 100 m.

En el norte de Europa es habitual una temperatura del terreno de 10°C a partir de los 20 m de profundidad. En países con alto nivel de radiación solar, como España, la temperatura del suelo a más de 5 m es relativamente alta y estable: se suelen alcanzar unos 15°C independientemente de la estación del año y de las condiciones meteorológicas.

### Evolución de la temperatura del suelo



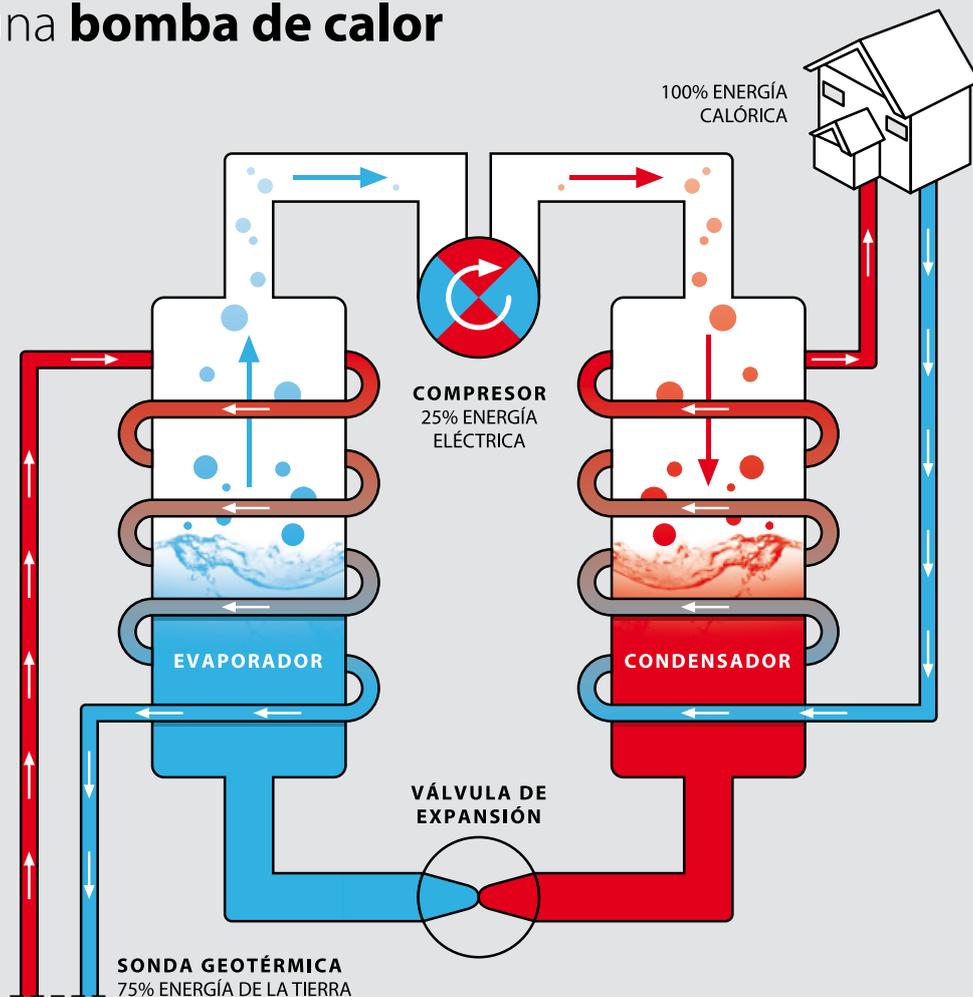
*La gráfica muestra la evolución de la temperatura con la profundidad para diferentes días a lo largo del año.*

El calor natural del suelo es absorbido por un **fluido portador** (generalmente agua glicolada) que circula por el interior de las sondas de polietileno. En la bomba de calor, el calor del subsuelo es transferido a un fluido frigorífico que se evapora, se aspira por un compresor eléctrico que eleva la presión y temperatura, pasa a un condensador y finalmente cede calor para ser aprovechado en calefacción (suelo radiante, radiadores de baja temperatura) o ACS. Finalmente el fluido pasa por una válvula de expansión, reduciendo su temperatura y presión para volver a iniciar el ciclo. Si se invierte el ciclo permite el aprovechamiento para refrigeración, mejorando la eficiencia energética.

Los sistemas con bomba de calor geotérmica están muy extendidos como sistema de calefacción en Europa desde hace más de treinta años, especialmente en los países del norte.

Los ahorros en las instalaciones con BCGT se generan por el **menor consumo de electricidad**, por los **escasos costes de mantenimiento** y por la **mayor duración de la vida útil que otros sistemas**. Se estima que **el ahorro energético, en comparación con los sistemas convencionales de calefacción y refrigeración (gas-oil, gas o electricidad), puede situarse entre el 30 y el 70%**, pues la electricidad que los genera se emplea únicamente para recolectar, concentrar y suministrar el calor, no para producirlo. Asimismo, **la inversión se amortiza en un período estimado de entre 6 y 12 años**, sin tener en cuenta posibles subvenciones que puedan acortar este plazo.

## Esquema de funcionamiento de una **bomba de calor**



## 03.3

# Ventajas de la energía geotérmica

### RENOVABLE

Es una fuente de energía con recursos prácticamente inagotables que se regenera constantemente.

### EFICIENTE

Permite ahorros de energía de 30 a 70% en calefacción y de 20 a 50% en climatización.

### CONSTANTE

Disponible 24 horas al día los 365 días del año, prácticamente sin influencia de las condiciones climáticas estacionales, la radiación solar o el viento.

### ECONÓMICA

La instalación se amortiza en un período estimado de entre 6 y 12 años. Los costes de explotación y mantenimiento son muy reducidos.

### ACCESIBLE

Puede obtenerse y utilizarse en prácticamente cualquier emplazamiento y lugar del mundo.

### COMPATIBLE

Se complementa con otras fuentes de energía. La relación entre el calor del subsuelo y su aprovechamiento en superficie es de doble sentido, de forma que es posible adaptar los recursos geotérmicos a las necesidades y viceversa.

### ESTÉTICA

No requiere de elementos en cubiertas o fachadas de las edificaciones.

### MIX ENERGÉTICO

Contribuye a diversificar y optimizar la base del suministro energético actual, reduciendo el consumo de combustibles fósiles y la dependencia de importaciones energéticas, asegurando la regularidad en el abastecimiento y disminuyendo las pérdidas energéticas del transporte de electricidad.

### ECOLÓGICA, LIMPIA Y SEGURA

Ahorra una gran cantidad de energía primaria y no contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Se reduce también la producción de residuos y la contaminación en el transporte de combustibles.

### SOCIAL

Ofrece oportunidades para la implantación de nuevas industrias y favorece la creación de empleo y el desarrollo económico local.

### Además:

**CTE:** se ajusta a los requisitos de ahorro energético especificados en el Código Técnico de la Edificación.

**APOYO** de las administraciones públicas a nivel nacional y europeo.

**CLIMATIZACIÓN INTEGRAL:** mediante un sistema de captación adecuado y una bomba de calor geotérmica se puede proporcionar la climatización integral (calefacción y refrigeración) de un edificio o vivienda y el suministro de agua caliente sanitaria: máxima eficiencia energética del sistema.

*Construyamos entre todos una sociedad energéticamente más sostenible y justa con nuestro medio ambiente y con nuestras futuras generaciones.*

## 04

# Gama Sistema FERROTERM

## 04.1 Sistemas de captación

### SONDAS VERTICALES

Fabricadas en polietileno de alta densidad **PE-100**, con una resistencia nominal a presión interna de **16 bar**.

Llevan un **marcaje en rojo y otro en azul** para diferenciar idas y retornos, y **tapones** en los mismos colores para proteger el interior de las tuberías.

Poseen un **excelente coeficiente de conductividad térmica** y una **elevada resistencia a los impactos y arañazos** que se puedan producir al introducirlas en las perforaciones.

El **pie de sonda está certificado por SKZ** y formado por una pieza en U de PE-100, con presión nominal 16 bar, electrosoldable. **La soldadura está realizada e individualmente testada en fábrica**, otorgándole una total garantía de funcionamiento.

Se suministran en rollos de sondas simples (2 tubos de Ø 40) o dobles (4 tubos de Ø 32 o 40). En el caso de las sondas dobles se incluye un tornillo para la unión de las U.

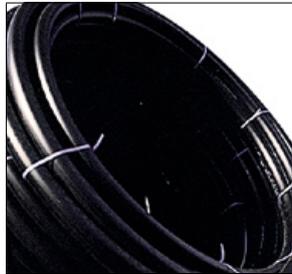
	SONDA VERTICAL GEOTERMIA PE-100 SIMPLE					
	Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Long. sonda (m)	Peso (Kg)
	246001	2	40	3,7	80	68
	246002	2	40	3,7	100	84
	246003	2	40	3,7	125	105
	246004	2	40	3,7	150	126

	SONDA VERTICAL GEOTERMIA PE-100 DOBLE					
	Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Long. sonda (m)	Peso (Kg)
	246005	4	32	2,9	80	87
	246006	4	32	2,9	100	109
	246007	4	32	2,9	125	136
	246008	4	32	2,9	150	163
	246009	4	40	3,7	80	136
	246010	4	40	3,7	100	168
	246011	4	40	3,7	125	210
	246012	4	40	3,7	150	252

Para otras medidas consultar

### SONDAS HORIZONTALES

Disponibles en polietileno de alta densidad **PE-100**, con una resistencia nominal a presión interna de **16 bar**. Llevan marcado en rojo (PE-100) o negro (PE-X) y tapones rojos para la protección del interior de las tuberías. Poseen un **excelente coeficiente de conductividad térmica** y **alta resistencia a rozaduras**. También se fabrican en polietileno reticulado **PE-X** según la norma **UNE EN ISO 15875**. El PE-X proporciona una **mayor flexibilidad** y **soporta mayores temperaturas**.



#### SONDA HORIZONTAL GEOTERMIA PE-100 SIMPLE

Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Long. sonda (m)	Peso (Kg)
246013	1	25	2,3	100	18
246014	1	32	2,9	100	28
246015	1	40	3,7	100	44



#### SONDA HORIZONTAL GEOTERMIA PE-Xb SIMPLE

Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Long. sonda (m)	Peso (Kg)
246016	1	20	1,9	100	11
246017	1	25	2,3	50	8
246018	1	32	2,9	50	13
246019	1	40	3,7	50	21

Para otras medidas consultar

## 04.2 Tubos de inyección

Tubo de polietileno de alta densidad **PE-100** negro con banda verde. Para la **inyección de material de relleno** en pozos de captación geotérmica vertical.



#### TUBO DE INYECCIÓN PE

Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	Peso (Kg)
246020	1	25	2,0	80	12
246021	1	25	2,0	100	15
246022	1	25	2,0	125	19
246023	1	25	2,0	150	23
246024	1	32	2,0	80	15
246025	1	32	2,0	100	19
246026	1	32	2,0	125	24
246027	1	32	2,0	150	29

Para otras medidas consultar

## 04.3 Tubos para conexiones

Tubo de polietileno de alta densidad **PE-100** negro con banda azul. Fabricado según las exigencias y criterios de la norma **UNE EN 12201**, con una resistencia nominal a presión interna de **16 bar**. Para la **realización de conexiones** entre los elementos de la instalación.



#### TUBO PARA CONEXIONES PE-100

Código	Nº Tubos	Ø Tubo (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	Peso (Kg)
246028	1	40	3,7	100	44
246029	1	50	4,6	100	67
246030	1	63	5,8	50	53

Para otras medidas consultar



#### 04.4 Colector modular

Colector de distribución modular en **polipropileno biorientado PPB**, para **idas y retornos de los captadores**. Disponible en diámetros 40, 50 y 63. Constan de módulos base en forma de te que se acoplan hasta formar el número de salidas con rosca macho necesarias, y de un módulo final en forma de codo que se suministra con una tuerca que completa la unión de entrada al colector en el primer módulo base.

COLECTOR MODULAR	
Código	Dimensión
346008	Te modular 40 - 1-1/4" - 40
346009	Te modular 50 - 1-1/4" - 50
346010	Te modular 63 - 1-1/4" - 63
346011	Codo final 40 - 1-1/4"
346012	Codo final 50 - 1-1/4"
346013	Codo final 63 - 1-1/4"

#### 04.5 Accesorios

PESO PARA SONDAS VERTICALES			
	Descripción	Código	Peso (Kg)
	<p>Lastres para la introducción de sondas verticales en los pozos. El peso de 25 Kg se compone de dos pesos de 12,5 Kg y un mecanismo de unión entre ambos. Se conectan a las sondas mediante los kits de conexión.</p>	346001	12,5
		346002	25,0

KIT CONEXIÓN PARA PESO SONDAS VERTICALES			
	Descripción	Código	Ø Sonda (mm)
	<p>El kit de conexión para sondas de diámetro 32 incluye un soporte roscado y un tornillo hexagonal M8 x 100 mm, una tuerca hexagonal y una arandela de presión.</p>	346014	32
<p>El kit de conexión para sondas de diámetro 40 incluye un soporte roscado, un tornillo hexagonal M8 x 50 mm (para las sondas simples), un tornillo M8 x 110 mm (para las sondas dobles), una tuerca hexagonal y una arandela de presión.</p>	346015	40	

SEPARADOR PARA SONDAS VERTICALES			
	Descripción	Código	Ø Sonda (mm)
	<p>Elemento que mejora el intercambiador geotérmico, manteniendo la distancia entre los tubos de las sondas. Dispone de paso en el centro para el tubo de inyección.</p>	246031	32
	246032	40	

UNIÓN "Y" PARA SONDAS VERTICALES DOBLES			
	Descripción	Código	Ø (mm)
	Unión Y electrosoldable para unión de idas y retornos en sondas verticales dobles. PN-16.		246031
		246032	40

FIJADOR PARA SONDAS HORIZONTALES				
	Descripción	Código	Ø (mm)	
	Elemento para fijar, clavándose en el terreno, la posición de las sondas que forman los circuitos de captación horizontal.		346005	25
			346006	32
			346007	40

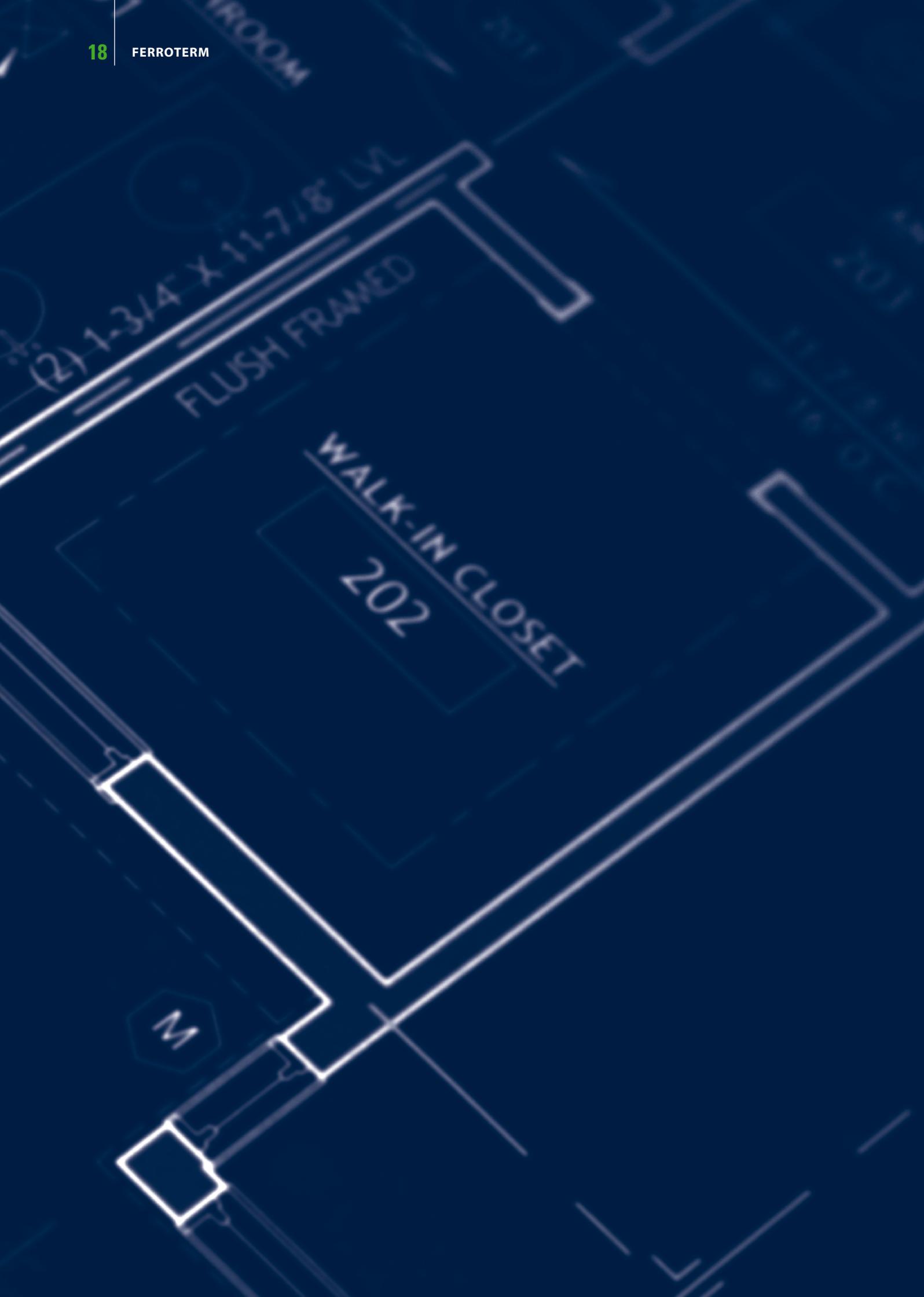
MANGUITO UNIÓN ELECTROSOLDABLE				
	Descripción	Código	Ø Tubo (mm)	
	Manguito de unión mediante soldadura por electrofusión PN-16.		346024	25
			346025	32
			346026	40
			346027	50
			346028	63



### Otros accesorios

FERROPLAST, en su Catálogo de Tuberías y Accesorios de Polietileno, dispone de una amplia gama de accesorios para conexión: electrosoldables desde diámetro 32 hasta 250, accesorios de compresión en polipropileno desde diámetro 20 hasta 110, accesorios de compresión metálicos desde diámetro 20 hasta 110. Piezas de transición a electrosoldables, reducciones, válvulas...

**Para cualquier accesorio o medida consultar**



## 05

# Criterios de diseño, cálculo y montaje

Se indican a continuación datos para el diseño y cálculo de captadores geotérmicos a efectos de predimensionado.

MASTER BEDROOM  
20A

## 05.1

# Características de los materiales

## CALIDAD

Durante todo el proceso de fabricación se utiliza la tecnología de transformación y los sistemas y equipos de control de calidad más avanzados, cumpliendo los criterios y especificaciones referentes a características y métodos de ensayo dispuestos en la normativa de aplicación.

Nuestro Departamento de Calidad dedica una atención especial a todas las fases del proceso de transformación, que van desde el control de las materias primas hasta los productos totalmente terminados, los cuales son analizados continua y regularmente mediante la realización de los ensayos normalizados que se describen en las **Fichas Técnicas de Producto**.

## MEDIO AMBIENTE

Plásticos Ferro tiene entre sus objetivos prioritarios **contribuir al desarrollo sostenible** mediante una actuación respetuosa con el medio ambiente y la naturaleza. La alta reciclabilidad del polietileno favorece una adecuada gestión medioambiental en todas las fases del proceso de fabricación.

## Polietileno de alta densidad (PE-100)

El fuerte incremento experimentado en los últimos años en la utilización de las tuberías de polietileno manifiesta su excelente idoneidad técnica y competitividad en todo tipo de conducciones de fluidos a presión. Con una vida útil de larga duración y unas características físicas y químicas excepcionales, **las tuberías de polietileno se configuran como la mejor alternativa en la producción de sondas de captación geotérmica.**

Las sondas FERROTERM de polietileno de alta densidad **PE-100** tienen una resistencia nominal a presión interna de **16 bar**. Se ha mejorado su **resistencia a rozaduras** y poseen una **elevada conductividad térmica**. Para su fabricación se utiliza materia prima de primera calidad, procedente directamente de plantas petroquímicas que ya incorporan los estabilizantes, antioxidantes y negro de humo, necesarios para una correcta transformación y para garantizar la calidad del producto.

Los tubos de inyección y tubos para conexiones también se fabrican en polietileno PE-100.

### Características polietileno alta densidad (PE-100) FERROTERM

- Soporta temperaturas habituales de trabajo de 45°C y puntuales de hasta 80°C.
- Resistencia a presiones elevadas.
- Larga duración.
- No le afecta la corrosión ni la erosión.
- Ligereza.
- Flexibilidad.
- Mínimas pérdidas de carga.
- No se producen adherencias e incrustaciones.
- Máxima estanqueidad e impermeabilización.
- Soporta agua glicolada.

Propiedades polietileno alta densidad (PE-100) FERROTERM		
Densidad media	>0,95	gr/cm <sup>3</sup>
Coefficiente de dilatación térmica lineal	0,22	mm/m°C
Conductividad térmica	0,40	Kcal/h m°C
Contenido en negro de carbono	2-2,5	%
Dispersión negro de carbono	≤ grado 3	
Contenido en materias volátiles	<350	mg/Kg
Contenido en agua	<300	mg/Kg
Módulo de elasticidad a corto plazo	1.000-1.200	MPa
Módulo de elasticidad a largo plazo	160	MPa
Tensión de diseño ( $\sigma$ )	8,0	Mpa
Coefficiente de seguridad C mín.	1,25	
Coefficiente de Poisson ( $\nu$ )	0,4	
Constante dieléctrica	2,5	
Rugosidad hidráulica	0,007	mm
Temperatura máxima de uso	45	°C

## Polietileno reticulado (PE-X)

Para las sondas horizontales y cimentaciones termoactivas también es posible el uso de sondas de polietileno reticulado (PE-X), con lo que se consigue una **mayor flexibilidad y resistencia a posibles rozaduras**, además de soportar **mayores temperaturas**. Son los tubos empleados en calefacción con suelo radiante, que comúnmente complementan las instalaciones de bomba de calor geotérmica debido a las bajas temperaturas de impulsión necesarias.

El polietileno reticulado se fabrica a partir de un polietileno de alta densidad, y se obtiene mediante un proceso denominado polimerización, en el que moléculas de etileno se unen para formar una cadena de polietileno. La reticulación consiste en el establecimiento de uniones entre las cadenas de polietileno, proporcionando al tubo elevada resistencia a la presión y temperatura.

### Características polietileno reticulado (PE-X) FERROTERM

La mayor parte de características son comunes al polietileno de alta densidad, pero además se pueden añadir:

- Soporta altas temperaturas, habituales de trabajo de 95°C y puntuales de hasta 110°C.
- Alta flexibilidad.
- Radios de curvatura mínimos.
- Alta resistencia a productos químicos, incluso con temperaturas elevadas.
- Las tuberías de polietileno reticulado FERROTERM están fabricadas según la norma UNE EN ISO 15875 y están certificadas por AENOR.

Propiedades polietileno reticulado (PE-X) FERROTERM		
Densidad	>0,95	gr/cm <sup>3</sup>
Rugosidad	0,007	mm
Resistencia a tracción a 20°C	>20	N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a tracción a 100°C	>10	N/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad a 20°C	1.180	N/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad a 80°C	560	N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento hasta rotura a 20°C	300-450	%
Coefficiente de conductividad térmica	0,37	Kcal/h m°C
Coefficiente de dilatación lineal a 20°C	0,14	mm/m°C
Coefficiente de dilatación lineal a 100°C	0,205	mm/m°C
Temperatura de reblandecimiento	133	°C
Temperatura límite de funcionamiento	100	°C

## 05.2 Diseño

Los **sistemas geotérmicos de baja temperatura** están integrados, generalmente, por:

- Un **intercambiador de calor subterráneo** (sondas verticales, horizontales...) que, a través de un fluido que circula en su interior (agua glicolada) extrae calor del subsuelo o introduce calor de la edificación en el terreno.
- Una **bomba de calor** (normalmente agua-agua) que transfiere el calor entre el intercambiador y el sistema de distribución del edificio, mediante un fluido frigorífico.
- Un **sistema de distribución** (suelo radiante, radiadores de baja temperatura...) que utiliza el calor o el frío en el edificio.

La **bomba de calor** extrae la energía térmica del subsuelo y, a través de ese aporte, evapora un refrigerante a muy baja presión y temperatura que se comprime a través de un compresor, aumentando su temperatura y su presión. El vapor pasa al condensador y cede calor al medio a calentar. Finalmente, el fluido pasa a través de una válvula de expansión volviendo a reducir su temperatura y presión e iniciando de nuevo el ciclo frigorífico de la bomba de calor. Todo ello proporciona importantes **ahorros de energía (30-70%) en comparación con los sistemas convencionales**.

En el interior del terreno o subsuelo existe una temperatura más constante que en el aire exterior. En invierno el suelo tendrá una temperatura superior al ambiente exterior, y en verano inferior, permitiendo también invertir el ciclo para enfriar el edificio en lugar de calentarlo: **mayor eficiencia energética gracias al doble uso calefacción-refrigeración**.

Para realizar este proceso la bomba de calor consume una pequeña cantidad de electricidad. El rendimiento de la bomba de calor se mide por el **COP** ("Coefficient of Performance" o coeficiente de eficiencia energética), que representa la relación entre la energía térmica entregada en el condensador (cantidad de calor producida) y la energía eléctrica consumida en el compresor. Por otra parte, el **EER** ("Energy Efficient Ratio" o coeficiente de eficacia frigorífica) es la relación entre la energía frigorífica generada en el evaporador (cantidad de frío producida) y la energía eléctrica consumida en el compresor.

Los sistemas de captación geotérmicos pueden ser abiertos o cerrados:

- Los **sistemas abiertos** se basan en el aprovechamiento de aguas subterráneas como intercambiadores de calor (el intercambiador es el propio acuífero). Mediante un pozo de alimentación se bombean estas aguas hacia la bomba de calor y, una vez utilizadas para ceder el calor transportado en el evaporador, se devuelven al acuífero a través de otro pozo de inyección.
- Los **sistemas cerrados** son más habituales. En éstos, el fluido caloportador transcurre en circuito cerrado por un conjunto de tubos de polietileno. Este circuito intercambia calor con el terreno, bien en pozos verticales, en circuitos horizontales o en la cimentación del edificio (cimentaciones termoactivas).

A close-up photograph of a person's hand, wearing a grey sweater and a silver ring, pointing with a pen at a technical drawing on a table. The drawing shows a grid of lines and text, likely a floor plan or a technical specification. The background is slightly blurred, showing another person's hand resting on the table.

Los **intercambiadores geotérmicos verticales** están formados por sondas de polietileno de alta densidad en U simple o en U doble, alojados en el interior de sondeos (perforaciones) verticales, de profundidad variable entre 50 y 150 m, rellenos por un mortero especial que mejora la conductividad. Se requiere de muy poca superficie para su instalación y se necesita una menor longitud de tubo, al ser mayor la transferencia de calor por metro lineal de sonda. Son sistemas de captación más caros por la necesidad de realizar perforaciones, pero a 15 m de profundidad la temperatura es prácticamente constante durante todo el año (según su localización entre los 7 y 20°C), por lo que el consumo de la bomba de calor es más regular.

Los **intercambiadores geotérmicos horizontales** consisten en sondas de polietileno de alta densidad o polietileno reticulado (PE-X) que forman circuitos a una profundidad de entre 1,2 y 1,5 m, separados entre 30 y 80 cm. Se necesita una mayor longitud de sonda y una mayor superficie para su instalación, pero el coste es menor debido a su facilidad de ejecución, al no tener que realizar sondeos profundos. La temperatura del terreno a esta profundidad varía con las condiciones climáticas. La superficie del terreno no debe ser asfaltada, y debe ser liberada de nieve. Es posible cultivar vegetales sobre la instalación, aunque no árboles de raíces profundas.

Las **cimentaciones termoactivas** son elementos estructurales de hormigón en las que se utilizan como intercambiadores para captar el calor del subsuelo tubos de polietileno alojados en el interior de la cimentación del edificio, en pilotes, pantallas subterráneas, muros de contención, losas... sujetos a las armaduras del hormigón. Son instalaciones económicas, al aprovecharse de instalaciones necesarias en la construcción de las edificaciones, pero el intercambio tiene menor eficacia en construcciones de pequeño tamaño.

En instalaciones con una potencia térmica de hasta 30 kW, la directriz **VDI 4640** "Thermal use of the underground" señala unas sencillas reglas de dimensionamiento. La **Guía Técnica del IDAE** "Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica" aporta una serie de fórmulas que permiten un cálculo más aproximado, si bien para instalaciones de mayores dimensiones o con uso de refrigeración es recomendable tomar como base del cálculo un estudio del suelo, realizando un TRT (test de respuesta del terreno). **El correcto dimensionado del captador es un elemento clave en este tipo de instalaciones geotérmicas.**

## 05.3

# Cálculo

**Para el cálculo de la instalación**, en primer lugar es necesario determinar la **potencia necesaria** para cubrir las necesidades térmicas máximas simultáneas, tanto en frío como en calor, y definir la **bomba de calor** a instalar. Se determina la potencia extraída del terreno, siguiendo las directrices de la VDI 4640, la SIA, TRT, etc. Se fija la longitud del captador horizontal o vertical y la superficie o número de pozos y profundidad. Por último es necesario diseñar la instalación hidráulica, sus componentes, etc.

Por lo tanto, en primer lugar se realiza el **cálculo de cargas térmicas** de acuerdo a las exigencias de diseño y dimensionado especificadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas, y se elige una bomba de calor adecuada.

Para calcular la temperatura máxima y mínima de la tierra durante un ciclo anual a una profundidad determinada, podemos usar las expresiones:

$$T_L(X_s) = T_m - A_s \cdot e^{-X_s} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}$$

$$T_H(X_s) = T_m + A_s \cdot e^{-X_s} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}$$

Donde:

$T_L(X_s)$  es la temperatura mínima del terreno.

$T_H(X_s)$  es la temperatura máxima del terreno.

$T_m$  es la temperatura media de la tierra en °C. Se puede asumir como la temperatura seca media del lugar.

$A_s$  es la temperatura media diaria del lugar en °C. Se obtiene de datos tabulados para la cada localización geográfica. En el caso de intercambiadores verticales se considera  $A_s=0$ .

$X_s$  es la profundidad en cm.

$\alpha$  es la difusividad térmica del terreno en  $\text{cm}^2/\text{día}$ . Depende del tipo de suelo.

**Para el estudio de las temperaturas**, cuando la bomba de calor está en modo calefacción (produciendo agua caliente para suministrar al edificio entre 45-55°C), en el evaporador se produce agua fría a unos 5-15°C, que es la que circula por el intercambiador enterrado. En modo refrigeración (produciendo frío entre 7-12°C) por las tuberías del intercambiador circulará el agua de intercambio del condensador a unos 25-35°C. Las temperaturas de salida del agua en los modos frío y calor se pueden determinar a partir de los datos de la bomba de calor elegida:

$$T_{\text{salida, c}} = T_{\text{entrada, c}} - \frac{1.000 \cdot P_c \cdot \frac{\text{COP}_c - 1}{\text{COP}_c}}{C_p (Q / 3.600)}$$

$$T_{\text{salida, f}} = T_{\text{entrada, f}} + \frac{1.000 \cdot P_f \cdot \frac{\text{COP}_f + 1}{\text{COP}_f}}{C_p (Q / 3.600)}$$

Donde:

$T_{\text{salida, c}}$  es la temperatura de salida en modo calor en °C.

$T_{\text{salida, f}}$  es la temperatura de salida en modo frío en °C.

$T_{\text{entrada, c}}$  es la temperatura de entrada en modo calefacción en °C (5-15°C).

$T_{\text{entrada, f}}$  es la temperatura de entrada en modo refrigeración en °C (25-35°C).

$P_c$  es la potencia de la bomba de calor en calefacción en kW.

$P_f$  es la potencia de la bomba de calor en refrigeración en kW.

$\text{COP}_c$  es el coeficiente de eficiencia energética de la bomba en calefacción.

$\text{COP}_f$  es el coeficiente de eficiencia energética de la bomba en refrigeración.

$C_p$  es el calor específico del fluido en J/Kg.

$Q$  es el caudal de la bomba de calor en l/h.

La temp. máxima  $T_{\text{MAX}}$  será la media entre  $T_{\text{entrada, f}}$  y  $T_{\text{salida, f}}$

La temp. mínima  $T_{\text{MIN}}$  será la media entre  $T_{\text{entrada, c}}$  y  $T_{\text{salida, c}}$

La resistencia de los tubos del intercambiador al flujo de calor corresponde con:

$$R_p = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_p} \cdot L_N \left( \frac{D_0}{D_1} \right)$$

Donde:

$R_p$  es la resistencia térmica en K m/W.

$K_p$  es la conductividad térmica del tubo (FERROTHERM = 0,43 W/m K).

$L_N$  logaritmo neperiano.

$D_0$  es el diámetro exterior del tubo en m.

$D_1$  es el diámetro interior del tubo en m.

La resistencia del terreno  $R_s$  (K m/W) es la inversa de la conductividad térmica del terreno.

Debido a que la bomba de calor se dimensiona para las condiciones de funcionamiento más desfavorables, la bomba funcionará intermitentemente.

Tanto en calefacción como en refrigeración debe considerarse la fracción de tiempo que está en marcha la bomba de calor, es lo que se denomina factor de utilización F, y es el cociente entre la demanda térmica de un edificio durante un período (calefacción o refrigeración) y la potencia de la bomba.

Existen programas informáticos de modelado energético para calcular la demanda anual del edificio, o tablas con "bin hours" elaboradas a partir de bases de datos climatológicas de la ubicación correspondiente.

Con todo lo anterior se pueden **determinar las longitudes de los intercambiadores horizontales o verticales** usando las expresiones:

$$L_{\text{CALEFACCIÓN}} = \frac{Q_{\text{calefacción}} \cdot \frac{\text{COP}_{\text{calefacción}} - 1}{\text{COP}_{\text{calefacción}}} (R_p + R_s \cdot F_{\text{calefacción}})}{T_L - T_{\text{MIN}}}$$

$$L_{\text{REFRIG.}} = \frac{Q_{\text{refrigeración}} \cdot \frac{\text{COP}_{\text{refrigeración}} + 1}{\text{COP}_{\text{refrigeración}}} (R_p + R_s \cdot F_{\text{refrigeración}})}{T_{\text{MAX}} - T_H}$$

Donde:

$L_{\text{CALEFACCIÓN}}$  es la longitud de intercambiador necesaria para modo calefacción en m.

$L_{\text{REFRIG.}}$  es la longitud de intercambiador necesaria para modo refrigeración en m.

En intercambiadores que funcionen para ambos modos se optará por la más desfavorable.

$$Q_{\text{calefacción}} = 1000 P_c$$

$$Q_{\text{refrigeración}} = 1000 P_f$$

## Captación horizontal

De forma más sencilla, para captadores horizontales en instalaciones de menos de 30 kW es posible considerar los valores de extracción de calor del terreno de la VDI 4640-2. Las sondas horizontales deben enterrarse entre 1,2 y 1,5 m de profundidad, con una separación de entre 30 y 80 cm, y no deben superar longitudes de 100 m por circuito por motivos de pérdidas de carga.

EXTRACCIÓN TÉRMICA CAPTACIÓN HORIZONTAL	HORAS DE FUNCIONAMIENTO POR AÑO	
	1.800 H	2.400 H
TIPO DE SUELO		
Seco. No cohesivo.	10 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>
Húmedo. Cohesivo.	20-30 W/m <sup>2</sup>	16-24 W/m <sup>2</sup>
Saturado de agua. Cohesivo.	40 W/m <sup>2</sup>	32 W/m <sup>2</sup>

Los diámetros de las sondas horizontales dependen también de la capacidad térmica del subsuelo. Se pueden considerar como referencia:

TIPO DE SUELO	DIÁMETRO
Seco. No cohesivo.	20 mm
Húmedo. Cohesivo.	25 mm
Saturado de agua. Cohesivo.	32 mm

### Ejemplo de dimensionado de captación horizontal (según VDI 4640)

Una vivienda unifamiliar con unas necesidades térmicas de calefacción y ACS determinadas en función del tipo de construcción, localización y número de ocupantes, de 15 kW. El uso de calefacción se establece en 1.800 h/año. El COP de la bomba de calor geotérmica facilitado por el fabricante es 4. El suelo es arcilloso con presencia de agua, según tabla 25 W/m<sup>2</sup>.

- Potencia térmica total = potencia térmica terreno + potencia del compresor.
- Potencia térmica terreno = potencia térmica total – potencia del compresor.  
Potencia térmica terreno = 15 – 15 / 4 = 11,25 kW.
- Superficie captación = potencia térmica terreno / extracción térmica por m<sup>2</sup>.  
Superficie captación = 11.250 / 25 = 450 m<sup>2</sup>.
- Longitud sonda horizontal = superficie captación / separación entre tubos.  
Longitud sonda horizontal = 450 / 0,75 = 600 m.

**Se establecen 6 circuitos de 100 m de sondas geotérmicas para captación horizontal de 100 m cada una y diámetro 25 mm.**

## Captación vertical

Para captadores verticales en instalaciones de menos de 30 kW y longitudes de sonda de hasta 100 m es posible considerar los valores de extracción de calor del terreno de la VDI 4640-2. Las sondas verticales deben estar a una distancia de las edificaciones de al menos 3 m, y los pozos deben estar separados entre sí un mínimo de 6 m.

EXTRACCIÓN TÉRMICA CAPTACIÓN VERTICAL	HORAS DE FUNCIONAMIENTO POR AÑO	
	1.800 H	2.400 H
<b>TIPO DE SUELO - VALORES GENERALES</b>		
Inapropiado. Sedimento seco. Conductividad $\lambda < 1,5$ W/mK	25 W/m	20 W/m
Normal. Roca consolidada. Sedimento saturado de agua. Conductividad $\lambda < 3,0$ W/mK	60 W/m	50 W/m
Roca consolidada. Elevada conductividad térmica. Conductividad $\lambda > 3,0$ W/mK	84 W/m	70 W/m
<b>TIPO DE SUELO</b>		
Gravilla, arena. Seco.	<25 W/m	<20 W/m
Gravilla, arena. Con agua.	65-80 W/m	55-85 W/m
Zona freática a través de gravilla y arena.	80-100 W/m	55-85 W/m
Arcilla, limo. Húmedo.	35-50 W/m	30-40 W/m
Piedra caliza	55-70 W/m	45-60 W/m
Piedra arenisca	65-80 W/m	55-65 W/m
Granito	65-85 W/m	55-70 W/m
Basalto	40-65 W/m	35-55 W/m
Gneis	70-85 W/m	60-70 W/m

**Los diámetros de las sondas o el uso de sondas simples o dobles se deciden en función del tipo de suelo y de la profundidad de los pozos.**

### Ejemplo de dimensionado de captación vertical (según VDI 4640)

Una vivienda unifamiliar con unas necesidades térmicas de calefacción y ACS, determinadas en función del tipo de construcción, localización y número de ocupantes, de 15 kW. El uso de calefacción se establece en 1.800 h/año. El COP de la bomba de calor geotérmica facilitado por el fabricante es 4. El suelo considerado es húmedo con  $\lambda < 3,0$  W/mK, según tabla 60 W/m.

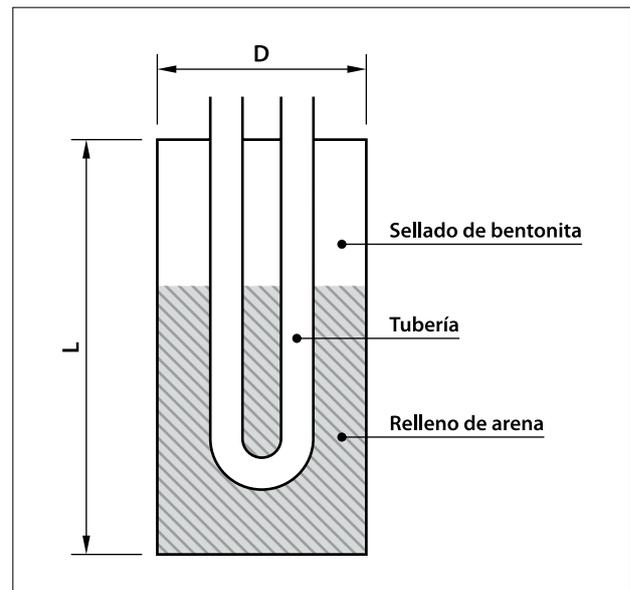
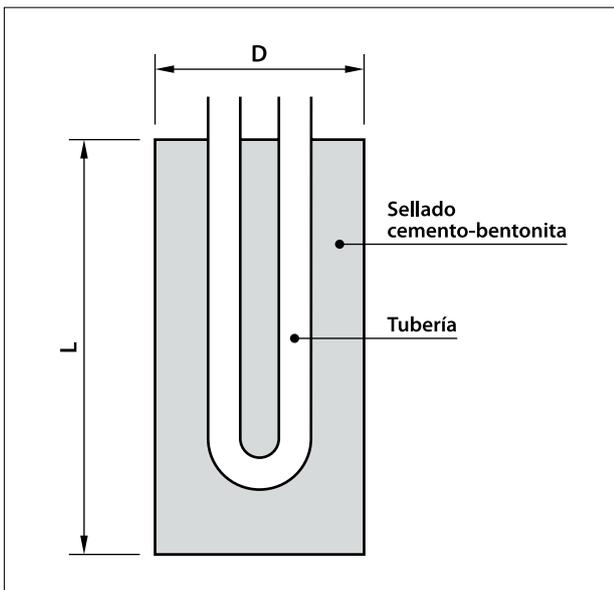
- Potencia térmica total = potencia térmica terreno + potencia del compresor.
- Potencia térmica terreno = potencia térmica total – potencia del compresor.  
Potencia térmica terreno =  $15 - 15 / 4 = 11,25$  kW
- Longitud sonda vertical = potencia térmica terreno / extracción térmica por m.  
Longitud sonda vertical =  $11.250 / 60 = 187,5$  m

**Se establecen 2 pozos de 95 m de profundidad para dos sondas doble U de diámetro 32x3,0 mm.**

## 05.4

## Ejecución de la instalación

Ejemplos de secciones de intercambiador vertical



## Intercambiadores de calor verticales

En la ejecución de los intercambiadores de calor verticales, se ubicarán las perforaciones y se determinará su sección y profundidad, los acuíferos atravesados y el tipo de relleno.

La **perforación** se realizará por parte de una empresa especializada, utilizando la tecnología más adecuada para cada tipo de terreno y principalmente con diámetros comprendidos entre los 110 y 165 mm. Los pozos deben estar a una distancia de las edificaciones de al menos 3 m, y a 1 m de otras instalaciones, y deben estar separados entre sí un mínimo de 6 m.

Para la **introducción de la sonda vertical en el pozo**, se utiliza habitualmente un elemento desbobinador y se coloca un lastre en la U de la sonda para facilitar la introducción, siendo aconsejable introducir la sonda llena con el objetivo de evitar colapsos. Una vez introducida la sonda vertical, antes del relleno del pozo, se realiza una **prueba de presión y circulación de fluido** en la sonda.

Al mismo tiempo que la sonda, se introduce el **tubo de inyección** para poder realizar el relleno del pozo con un **mortero especial de alta conductividad** desde el fondo hasta la superficie del pozo. Después del relleno se realizarán de nuevo las pruebas correspondientes.

Los extremos de los tubos permanecerán **protegidos con los tapones** para evitar la introducción de cualquier partícula hasta la realización de las pruebas de presión correspondientes.

Es necesaria la **realización de zanjas** para la instalación de ramales de conexiones de las idas y retornos de los intercambiadores verticales y con el colector de distribución. Se retirará la capa vegetal, se abrirá la zanja y se limpiará, eliminando las rocas presentes en la parte inferior para evitar que se produzcan daños en los tubos. Sobre un lecho de arena se instalará la tubería, relleno con arena hasta cubrir totalmente los tubos. Se señalará el trazado con una cinta plástica y se rellenará con materiales procedentes de la excavación previamente seleccionados (sin cantos punzantes, con diámetros inferiores a 5 cm, etc.). Se realizarán tongadas de espesor reducido para obtener un mayor grado de compactación (25-30 cm).

**Se evitará en lo posible ubicar los tramos horizontales en la zona de afección de otros servicios enterrados.** Cuando esto no sea posible, en el cruce de otros servicios la instalación geotérmica será la inferior y a una distancia superior a 40 cm. En el caso de paralelismo con otros servicios también se mantendrá una distancia superior a los 40 cm.

## Intercambiadores de calor horizontales

Para la ejecución de los intercambiadores de calor horizontales, existen diferentes configuraciones, siendo lo más habitual la instalación de **tuberías enterradas formando un circuito en espiral o en serpentin** en un plano horizontal a una profundidad de entre 1,2 y 1,5 m, con una separación de 30 a 80 cm.

**No pueden colocarse bajo superficies impermeabilizadas.** No se hormigonará o pavimentará la superficie donde se instale el intercambiador horizontal, con el objetivo de asegurar un buen intercambio de calor. La **longitud máxima** recomendada por circuito es de **100 m**, por motivos de pérdidas de carga. No es conveniente instalar las sondas sobre gravas que creen burbujas de aire que resten conductividad al terreno.

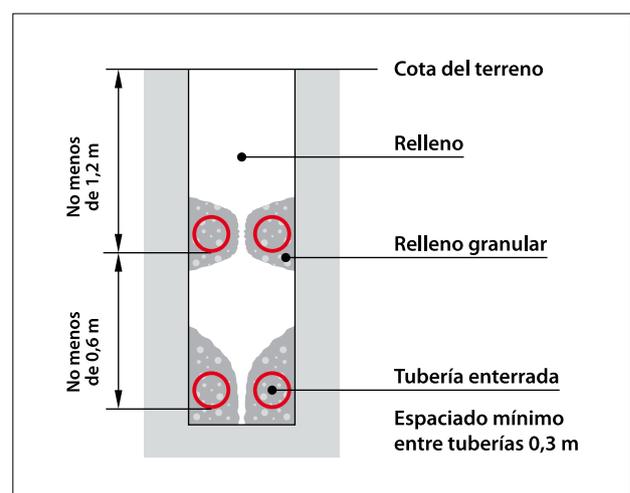
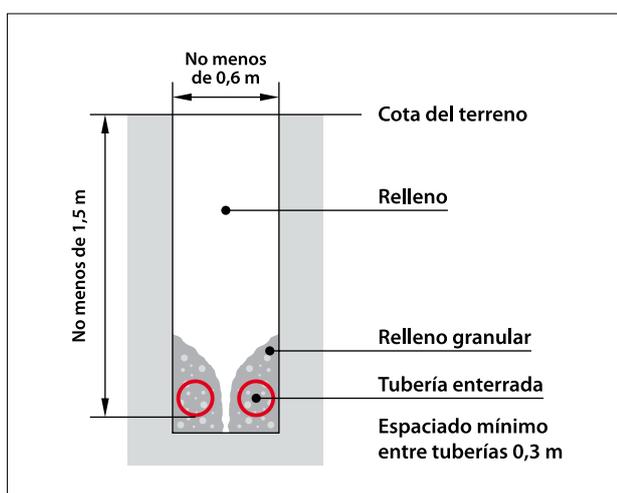
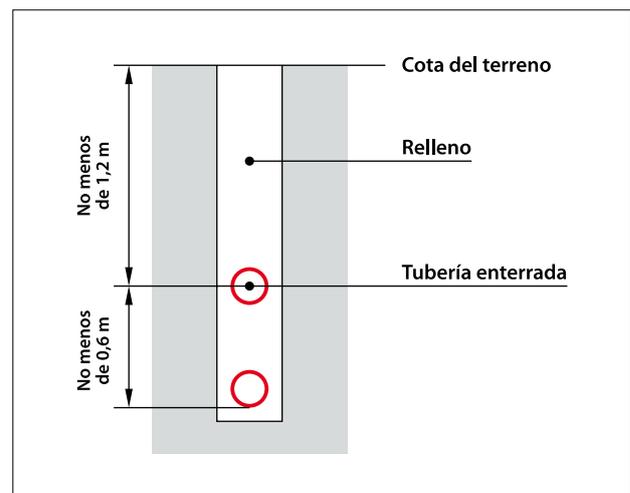
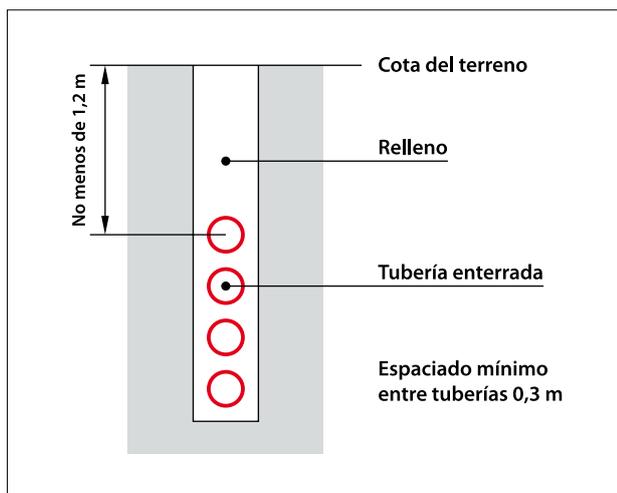
Si hay espacio suficiente, es más conveniente realizar el **movimiento de tierras en su totalidad**. Una vez realizada la prueba de presión se rellenará con arena fina los alrededores de las tuberías para facilitar la conducción de calor, y el resto con material de extracción con unas características adecuadas (sin cantos punzantes, con diámetros inferiores a 5 cm, etc.).

Es posible **cultivar vegetales en la superficie**, pero no plantar árboles de raíces profundas. El tendido de los circuitos debe hacerse **respetando los radios de curvatura** del material de las sondas, y **se fijarán al terreno** cuando sea necesario, bien con elementos auxiliares o con el propio material de relleno o arena.

Los **colectores de distribución** se dispondrán de forma que queden en el punto más alto de la instalación de captación.

La **sala de máquinas** dispondrá de una pared libre para la ubicación de la bomba de calor y los colectores de entrada y salida a la misma con todos sus elementos, colgados en la pared.

Tanto la bomba de calor como los colectores y accesorios deberán quedar **accesibles para trabajos de mantenimiento y reparaciones**, dejando como mínimo las distancias especificadas en el catálogo del fabricante de la bomba de calor. **En general se cumplirá con todo lo especificado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.**



### 05.4.1 Pruebas de presión en sondas verticales

Una vez introducidas las sondas de presión en las perforaciones, y antes de proceder al relleno de las mismas, se procederá a su **purgado**. Para ello es necesario que la velocidad del agua en la tubería sea como mínimo de 0,6 m/s, lo que implica los siguientes caudales en función de los diámetros de sondas empleados:

DN (mm)	Q (m <sup>2</sup> /h)
25	0,7
32	1,2
40	1,8

*Caudales de purgado (tubería PE100 16 bar)*

Tras el purgado se realiza una **prueba de estanqueidad y resistencia** en cada sonda geotérmica con las siguientes premisas:

- La presión de prueba será como mínimo 3 veces la presión de servicio y como máximo el 80% de la presión nominal de la tubería.
- El tiempo de duración de la prueba será de 1 hora.
- La caída de presión máxima admisible será del 3%.

En los primeros minutos de la prueba se esperará a la **correcta estabilización del manómetro**, presurizando si es necesario hasta la presión mínima convenida.

Una vez rellenado cada pozo se repetirá la prueba.

### 05.4.2 Pruebas de presión en tuberías horizontales

Es necesario realizar pruebas a los ramales horizontales de conexión entre la sala de máquinas y las sondas geotérmicas verticales y a las tuberías que conforman un intercambiador horizontal.

Se realizará el **purgado** mediante la circulación de agua a presión con una velocidad mínima de 0,6 m/s en cualquier punto de la instalación. El caudal a inyectar dependerá de la configuración y diámetro de los colectores horizontales.

Para la realización de la prueba se mantendrá la instalación a una **presión mínima 3 veces la presión de servicio durante dos horas** y se comprobará que el descenso de la presión transcurrido en este tiempo es inferior a 0,2 bares.

En el inicio de la prueba se esperará a la **correcta estabilización del manómetro**, ya que en los primeros momentos de la prueba puede haber una pérdida de presión. Si esto ocurre, se procederá a la presurización del circuito hasta la presión mínima de prueba.

En **instalaciones de un cierto tamaño** es recomendable ejecutar estas pruebas por tramos, realizándose a medida que se finaliza el montaje de cada uno de ellos. En estos casos, una vez validadas las pruebas, se procederá a cubrir la zanja dejando al descubierto las uniones hasta la realización de una prueba del conjunto consistente en:

- Circular agua por la instalación a una velocidad de 6 m/s durante 15 minutos.
- Mantener la instalación a 6 bares durante 30 minutos.

### 05.4.3 Pruebas de estanqueidad y presión del sistema

Una vez conectado todo el conjunto, llenado con el fluido caloportador (que generalmente se trata de agua con un porcentaje de anticongelante) y purgado, se procederá a una **prueba preliminar de estanqueidad a la presión de llenado** para comprobar la continuidad de la red y verificar la estanqueidad de las uniones. A continuación se someterá la instalación a una presión de prueba de 1,5 veces la presión máxima efectiva de trabajo con un mínimo de 6 bares.

## 06

# Condiciones generales de venta

**Plásticos Ferro suministrará los materiales objeto de cada pedido según las condiciones que a continuación se detallan, las cuales se consideran expresamente aceptadas por el cliente:**

1. Los materiales se facturarán de acuerdo con la lista de precios vigentes en la fecha de su expedición.
2. Las expediciones son siempre por cuenta y riesgo del comprador, aún cuando Plásticos Ferro, S.L. hubiera gestionado su transporte.
3. Los plazos de entrega facilitados a los clientes tienen carácter orientativo, no vinculativo.
4. Plásticos Ferro, S.L. garantiza la buena calidad de los materiales que fabrica, por lo que se obliga a la reposición de aquellos que presenten defectos de fabricación, reconocidos por su servicio técnico. No serán considerados aquellos materiales cuya utilización no sea la adecuada, eximiendo a la compañía de toda responsabilidad.
5. Cualquier reclamación, sea cual fuere su naturaleza, deberá plantearse dentro de los 30 días siguientes a la entrega de los materiales.
6. No se admitirá la anulación, por parte del comprador, de pedidos correspondientes a materiales ya fabricados o en curso.
7. No se admitirá la devolución de materiales que no se encuentren en la tarifa vigente a la fecha de la devolución.
8. No se admitirá la devolución de los materiales ya suministrados correctamente.
9. Salvo concesión de crédito a la fecha convenida, el pago de la mercancía se realizará contra entrega o facturación de la misma.
10. En la correspondiente factura se cargará el I.V.A. y/o los impuestos que estén en vigor en ese momento.
11. La mercancía podrá ser facturada a partir del momento en que se encuentre en los almacenes de Plásticos Ferro, S.L. a disposición del comprador.
12. Plásticos Ferro, S.L. se reserva el derecho a enviar los pedidos de forma parcial en función de las disponibilidades del momento. No obstante, cada entrega de mercancía podrá ser objeto de facturación independiente.
13. En caso de incumplimiento del pago, independientemente de las acciones a las que ello de lugar, el comprador deberá abonar, además de la cifra pendiente, los intereses devengados por días de demora y todos los gastos bancarios que se hayan podido originar por dicho incumplimiento.
14. La transferencia de la propiedad de la mercancía vendida sólo se producirá cuando el comprador haya realizado el pago íntegro de la misma.
15. En caso de litigio, las partes se someterán a la jurisdicción de los Tribunales Ordinarios de A Coruña, con renuncia expresa a cualquier otro fuero que pudiera corresponder al comprador.

EVROPE

EVROPE

LINE EN

1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1

83

1 1 1 1

#### Oficinas centrales:

##### A CORUÑA

Tel.: +34 981 900 900. Fax: +34 981 900 901  
Paseo Marítimo Alcde. Fco. Vázquez – Pza. interior, 63  
15002 A Coruña  
e-mail: admincor@ferroplast.es

---

#### Fábricas y oficinas:

##### GRANADA

Tel.: +34 958 438 611. Fax: +34 958 438 700  
Ctra. Atarfe a Sta. Fe, s/n  
18230 Atarfe (Granada)  
e-mail: ventasgranada@ferroplast.es

##### LUGO

Tel.: +34 982 500 000. Fax: +34 982 500 101  
Rúa José Ferro Rodeiro, 4  
27836 Muras (Lugo)  
e-mail: ventasmuras@ferroplast.es

##### MARRUECOS

FERROPLAST MAROC, S.A.R.L.  
Tel.: +212 (0) 520 22 56 56  
Fax: +212 (0) 520 22 56 57  
Km. 5,6 – RS. 107,  
Tit Mellil vers Médiouna  
B.P. 181, Tit Mellil  
Casablanca - Marruecos  
e-mail: commercial@ferroplastmaroc.com

---

#### Delegaciones:

##### BARCELONA

Tel.: +34 937 703 000. Fax: +34 937 703 120  
Pol. Ind. Sant Ermengol  
c/ Progres, 7  
08630 Abrera (Barcelona)  
e-mail: ventasbarcelona@ferroplast.es

##### VALENCIA

Tel.: +34 961 322 615. Fax: +34 961 322 064  
c/ Ciudad de Barcelona, 54  
46988 Fuente del Jarro (Valencia)  
e-mail: ventasvalencia@ferroplast.es

##### VIZCAYA

Tel.: +34 944 576 014. Fax: +34 944 575 139  
Pol. Ind. Martiartu, nivel 3, nº9  
48480 Arrigorriaga (Vizcaya)  
e-mail: ventasbizcaia@ferroplast.es

---

#### Distribuido em Portugal pela Ferroplast:

##### PONTEVEDRA

Tel.: +34 986 663 023. Fax: +34 986 663 024  
Pol. Ind. Rivadil  
36880 La Cañiza (Pontevedra)  
e-mail: encomendas@ferroplast.es

---

[www.ferroplast.es](http://www.ferroplast.es)

Sistema de **geotermia**

**FERRO****TERM**

**FERR****PLAST**

[www.ferroplast.es](http://www.ferroplast.es)