

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

**INSTALACIÓN DE SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA CALEFACCIÓN
DE MESAS DE CULTIVO EN UN INVERNADERO DE BERMEO**

presentado por

Mikel Núñez Santos *(e)k*

aurkeztua

**INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS
NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKOA NEKAZARITZA ETA ABELTZAINZA
USTIAPENAK BEREZITASUNA**

12/04/2010

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es calcular el ahorro de combustible en calefacción de mesas de cultivo que tiene lugar en un invernadero-semillero, gracias a la instalación de un sistema solar térmico para el precalentamiento de agua.

Para la realización del presente proyecto nos hemos basado en una instalación solar térmica real, diseñada por un ingeniero del centro de investigación tecnológica CIDEMCO, que fue construida en un invernadero del municipio vizcaíno de Bermeo. Esto nos ha supuesto una gran ventaja, ya que nos ha evitado partir desde cero.

El invernadero objeto de este proyecto está dotado de un sistema de calefacción por agua caliente mediante caldera de gasóleo, que permite el control de la temperatura durante el crecimiento y desarrollo de las plántulas. En este proyecto proponemos una alternativa para el ahorro en el consumo de combustible, que consiste en utilizar la fuente de energía solar para precalentar el agua de aporte a la caldera.

Tras un minucioso estudio de todo lo referente al invernadero; construcción, instalaciones, equipamientos, control climático, etc. el primer paso ha sido definir claramente el objetivo y la forma de alcanzarlo. Acto seguido hemos procedido a identificar todos aquellos parámetros que intervendrán en el cálculo de la contribución solar de la instalación. Finalmente hemos llevado a cabo los cálculos pertinentes y hemos obtenido el resultado final.

Índice

1. Objeto.....	1
2. Alcance.....	1
3. Antecedentes.....	2
4. Normas y referencias.....	3
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.....	3
4.2. Bibliografía.....	8
4.3. Programas de cálculo.....	10
4.3.1. F-Chart Software.....	10
4.4. Plan de gestión de calidad aplicado durante la redacción del proyecto.....	11
5. Definiciones y abreviaturas.....	11
5.1. Abreviaturas.....	11
5.2. Definiciones.....	13

5.2.1. Radiación solar.....	13
5.2.2. Instalación.....	14
5.2.3. Captador.....	16
5.2.4. Otros componentes.....	17
5.2.5. Términos energéticos.....	19
6. Requisitos de diseño.....	19
6.1. Condicionantes derivados de la legislación, reglamentación y normativa aplicables.....	19
6.2. Condiciones de contorno y datos de partida.....	20
6.2.1. Entorno del invernadero.....	21
6.2.2. Factores edificatorios y arquitectónicos.....	22
6.2.3. Programa de necesidades.....	25
6.2.4. Parámetros de demanda.....	26
6.2.5. Parámetros climáticos.....	27
7. Análisis de soluciones.....	29

7.1. Selección de la configuración.....	29
7.2. Acoplamiento del sistema de apoyo.....	30
8. Resultados finales.....	31
8.1. Materiales y componentes.....	31
8.1.1. Captador.....	31
8.1.2. Estructura de soporte.....	35
8.1.3. Interacumulador solar.....	35
8.1.4. Vaso de expansión.....	36
8.1.5. Circulador.....	38
8.1.6. Tuberías.....	39
8.1.7. Aislante térmico.....	40
8.1.8. Válvulas y accesorios.....	41
9. Condiciones de trabajo.....	48
9.1. Temperaturas.....	48
9.1.1. Temperaturas máximas.....	48

9.1.2. Temperaturas mínimas	48
9.1.3. Temperaturas nominales de funcionamiento	49
9.1.4. Protección altas temperaturas	49
9.2. Presión.....	50
9.2.1. Presión nominal	50
9.2.2. Presión máxima	51
9.2.3. Presión mínima	51
9.2.4. Resistencia a la presión	51
9.3. Heladas.....	52
9.4. Fluido de trabajo.....	52
9.4.1. Mezcla anticongelante	53
9.5. Flujo inverso.....	53
10. Planificación.....	53
11. Presupuesto.....	54

12. Orden de prioridad entre los documentos básicos.....	55
--	----

1. Objeto

El objetivo de este proyecto es calcular el ahorro de combustible en calefacción de mesas de cultivo que tiene lugar en un invernadero-semillero, gracias a la instalación de un sistema solar térmico para el precalentamiento de agua.

2. Alcance

Para la realización del presente proyecto nos hemos basado en una instalación solar térmica real, diseñada por un ingeniero del centro de investigación tecnológica CIDEMCO, que fue construida en un invernadero del municipio vizcaíno de Bermeo. Esto nos ha supuesto una gran ventaja, ya que nos ha evitado partir desde cero.

A lo largo de este proyecto llevaremos a cabo una completa descripción tanto de la instalación solar térmica como del invernadero y su sistema de producción. De esta forma obtendremos una visión general de la situación de la agricultura bajo plástico en el País Vasco.

Tras un minucioso estudio de todo lo referente al invernadero; construcción, instalaciones, equipamientos, control climático, etc. el primer paso ha sido definir claramente el objetivo y la forma de alcanzarlo. Acto seguido hemos procedido a identificar todos aquellos parámetros que intervendrán en el cálculo de la contribución solar de la instalación. Finalmente hemos llevado a cabo los cálculos pertinentes y hemos obtenido el resultado final.

Por último, cabe destacar que no es competencia de este proyecto llevar a cabo la construcción de una nueva instalación, dicha decisión quedará a cargo del propietario de

la nave. Nosotros nos limitaremos a transmitir nuestro planteamiento, así como las condiciones a cumplir por los elementos que conformarán la instalación solar térmica.

3. Antecedentes

Este proyecto nace de la necesidad de reducir los costes de climatización en el campo de la agricultura bajo plástico, debido al alto precio de los carburantes tradicionales.

En el País Vasco las explotaciones bajo plástico no suelen ser muy extensas debido a que resulta muy caro su mantenimiento, por lo tanto, algunas de ellas cierran y otras cambian de cultivos. Con este proyecto, perseguimos un máximo aprovechamiento de la producción, con el menor coste posible.

Reducir el consumo de energía en calefacción y disponer de plántulas para iniciar los ciclos de cultivo de temporada durante todo el año, reduce considerablemente el precio del producto final, permitiendo competir con productos provenientes de otras zonas.

Son varias las fuentes de energía renovable que hemos considerado para la consecución de este proyecto, sin embargo, hemos escogido la energía solar térmica, concretamente la térmica a baja temperatura, por ser la que mejor se ajusta a las condiciones que se presentan para nuestro caso y para el lugar donde se ubica la nave.

El invernadero objeto de este proyecto está dotado de un sistema de calefacción por agua caliente mediante caldera de gasóleo, que permite el control de la temperatura durante el crecimiento y desarrollo de las plántulas. En este proyecto proponemos una

alternativa para el ahorro en el consumo de combustible, que consiste en utilizar la fuente de energía solar para precalentar el agua de aporte a la caldera.

4. Normas y referencias

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

En este apartado contemplamos el conjunto de disposiciones legales y normas de obligado cumplimiento que hemos tenido en cuenta para la elaboración de este proyecto:

- 1) Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas (IT). Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio.
- 2) Código Técnico de la Edificación (CTE): Documento básico sobre ahorro de energía, S/R.D. 314/2006 del 17 de marzo (B.O.E. núm. 74 de 28/03/2006).
- 3) Decreto 21/2006, del 14 de febrero, por el cual se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios (DOGC 4574, 16/02/2006).
- 4) Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- 5) Reglamento de Aparatos a Presión (RAP). Orden 11764 de 31 de mayo de 1985 (B.O.E. número 148 de 21 de junio de 1985).

6) Directiva 97/23 CE Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de mayo de 1997 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre equipos a presión (DOCE Serie L, nº 181 de 9 de julio de 1997).

7) Certificación por el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Fundación CENER-CIEMAT. Ciudad de la Innovación, nº 7 · 31621 Sarriguren (Navarra) · España. Teléfono: + 34 948 25 28 00 + 34 948 27 07 74. E-Mail: info@cener.com. Internet: www.cener.com

8) Certificación por Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme (ISE). Sistemas de energía solar eléctricos y térmicos. Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg. Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg. Teléfono: + 49 (0) 761 4 58 80. Telefax: +49 (0) 761 45 88 90 00. E-Mail: info@ise.fraunhofer.de. Internet: www.ise.fraunhofer.de

9) Código ASME Sección VII División I. Diseño fabricación e inspección de tanques y recipientes a presión. Edición 2007, Adenda 2008. Avenue de Tervueren, 300. B-1150 Brussels, Belgium. Teléfono: + 32 2 743 15 43. Fax: + 32 2 743 15 50. Email: info-europe@asme.org. Internet: www.asme.org

10) Normas tecnológicas UNE (Una Norma Española):

○ UNE 94002:2005. *Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.*

○ UNE 94003:2007. *Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.*

- UNE-EN 12975-1:2006. *Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12975-2:2006: *Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12976-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12976-2: *Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12977-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN ISO 9488:2006. *Energía solar. Vocabulario.*
- UNE-ENV 12977-1:2002. *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-ENV 12977-2:2002. *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12977-3: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.*

- UNE-EN 1991-1-3:2004. *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve.*
- UNE-EN 1991-1-4:2007. *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.*
- UNE-CEN ISO/TS 15875-7:2005. *Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X). Parte 7: Guía para la evaluación de la conformidad (ISO/TS 15875-7:2003).*
- UNE-EN 60335-2-51:2005/A1:2008. *Sobre aparatos electrodomésticos y análogos. Parte 2-51: Requisitos particulares para bombas de circulación fijas para instalaciones de calefacción y de distribución de agua.*
- UNE-EN ISO 14001:2004. *Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. (ISO 14001:2004/Cor 1:2009).*
- UNE 92106/1M: 1991. *Materiales aislantes térmicos. Espumas elastoméricas. Coquillas. Características generales.*
- UNE EN 970:1997. *Examen no destructivo de soldaduras por fusión. Examen Visual.*
- UNE 100150:1996 IN. *Climatización. Prevención de corrosión en circuitos de agua.*

- UNE 100151:1998. Climatización. Pruebas de estanqueidad de redes y tuberías.
- UNE 100152: 2004 IN. *Climatización. Soportes de tuberías.*
- UNE 100155:2004. *Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.*
- UNE 100156:2004 IN. *Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño.*
- UNE-EN 1057:2007. *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.*
- UNE 100171:1989 IN. *Climatización. Aislamiento Térmico. Materiales y Colocación.*
- UNE 66930:2004. *Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la aplicación de la Norma UNE-EN ISO 9001:2000 en las empresas de confección.*
- UNE 66916:2003. *Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos.*

4.2. Bibliografía

- Energía Solar Térmica: Normas UNE. Autor: AENOR. Fecha: 2007. Internet: www.censolar.es

- La Guía ASIT de la Energía Solar Térmica. Autor: ASIT. Fecha: Octubre de 2008. Internet: www.asit-solar.com

- Proyecto Fin de Carrera: Instalación de Energía Solar para Agua Sanitaria en un Edificio de Viviendas. Autor: Pardo Ibáñez, Ignacio. Fecha: 16 de mayo de 2009. Internet: www.biblioteca.universia.net.

- Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. Autor: IDAE. Fecha: Octubre del 2002. Internet: www.idae.es.

- Norma española: UNE 157001 –febrero 2002- Título: Criterios Generales para la Elaboración de Proyectos. Autor: AENOR. Internet: www.ehu.es.

- Euskalmet - Agencia Vasca de Meteorología. Internet: www.euskalmet.euskadi.net.

- B.O.C. y L. - N.º 42. RESOLUCIÓN de 21 de febrero de 2005, de la Dirección General de Energía y Minas, por la que se aprueban las especificaciones y requisitos técnicos y de garantías, que han de cumplir las instalaciones de energía solar acogidas al Plan Solar de Castilla y León: Línea I - Energía Solar Térmica (Convocatoria 2005).

- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Normas y Publicaciones. Internet: www.aenor.es/desarrollo/normalizacion/normas/buscadornormas.asp?pag=p
- Alta Eficiencia Solar (AESOL). Fabricación de Captadores Solares Térmicos. Internet: www.altaeficienciasolar.com/instala_edificios.htm

4.3. Programas de cálculo

En este apartado recogemos las herramientas y referencias que hemos utilizado para desarrollar los diversos cálculos de este proyecto.

4.3.1. F-Chart Software

Para calcular la contribución solar de la instalación hemos utilizado un conocido programa informático de análisis y diseño de sistemas pasivos y activos de energía solar, *F-Chart Software*.

Este programa está basado en el método de las curvas f . El proceso de cálculo es adecuado en largas estimaciones y es ampliamente aceptado por su simplicidad de uso y rapidez de cálculo.

F-Chart Software, nos ha permitido actuar sobre distintas variables de la instalación solar: datos climatológicos, necesidades de ACS, tipo de captador solar, tuberías, aislamiento térmico, etc. De esta forma, hemos podido definir adecuadamente las características de la instalación objeto de este proyecto.

Cabe destacar que, este programa dispone de una amplia base de datos meteorológicos de las diferentes capitales provinciales de todo el mundo. Sin embargo, también nos ofrece la posibilidad, como ha sido el caso, de introducir nuestros propios datos meteorológicos. Los datos los hemos obtenido a través de Internet en Página Web de Euskalmet – Agencia Vasca de meteorología.

Una vez introducidos los diferentes datos, el programa ha llevado a cabo la simulación de funcionamiento de nuestro sistema, proporcionándonos información detallada sobre las prestaciones de la instalación solar térmica.

4.4. Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del proyecto

Para asegurar la calidad durante la realización de este proyecto hemos seguido las directrices marcadas por la normativa europea:

- UNE 66916:2003. *Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos.*

5. Definiciones y abreviaturas

5.1. Abreviaturas

- CTE: Código Técnico de la Edificación.
- RAP: Reglamento de Aparatos a Presión.

- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.
- ITE: Instrucciones Técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.
- UNE: Una Norma Española.
- ISO: International Organization for Standardization.
- BOE: Boletín Oficial del Estado.
- B.O.C y L: Boletín Oficial de Castilla y León.
- DOCE. Diario Oficial de la Unión Europea.
- CENER: Centro Nacional de Energías Renovables.
- CENSOLAR: Centro de Estudios de Energía Solar.
- CIEMAT: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- ISE: Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme.
- ASME: American Society of Mechanical Engineers.

- ASIT: Asociación Solar de la Industria Térmica.
- IDEA: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- D.O.G.C: Diario Oficial de la Generalidad de Cataluña.
- PE-X: Polietileno reticulado
- SIGPAC: Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas.

5.2. Definiciones

5.2.1. Radiación solar

- **Radiación solar:** es la energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas de onda corta (0,2 a 3 μm).
- **Radiación solar directa:** es la radiación solar incidente sobre un plano dado, procedente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar.
- **Radiación solar difusa:** es la radiación solar hemisférica menos la radiación solar directa.

- **Radiación solar global:** es la radiación solar hemisférica recibida en un plano horizontal.
- **Irradiancia solar:** es la potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en W/m².
- **Irradiación:** es la energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se expresa en MJ/m² o kW h/m².

5.2.2. Instalación

- **Instalación solar térmica:** instalación que transforma la energía solar en energía térmica y que está constituida por los sistemas de captación, acumulación, etc.
- **Sistema de captación solar térmico:** sistema de una instalación solar que transforma la radiación solar incidente en energía interna del fluido.
- **Sistema de acumulación:** sistema de una instalación solar que almacena la energía interna producida en la instalación.
- **Sistema de intercambio:** sistema de una instalación solar que realiza la transferencia de calor entre fluidos que circulan por circuitos diferentes.

- **Sistema de transporte o de circulación:** sistema de una instalación solar formado por tuberías y elementos de impulsión y aislamiento térmico adecuados, diseñados para transportar la energía producida.
- **Sistema de apoyo o auxiliar:** elemento de apoyo a la instalación solar para complementar el aporte solar en periodos de escasa radiación solar o de demanda de energía superior a la prevista.
- **Sistema de control:** sistema de una instalación solar que asegura el correcto funcionamiento del conjunto.
- **Instalaciones cerradas:** instalaciones en las que el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.
- **Instalación con circulación forzada:** instalación equipada con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.
- **Circuito primario:** circuito del que forman parte los captadores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.
- **Circuito secundario:** circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.
- **Circuito de consumo:** circuito por el que circula agua de consumo.

5.2.3. Captador

- **Captador solar térmico:** dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.
- **Captador solar plano:** captador solar sin concentración cuya superficie absorbedora es sensiblemente plana.
- **Cubierta:** elemento o elementos transparentes (o translúcidos) que cubren el absorbedor para reducir las pérdidas de calor y protegerlo de la intemperie.
- **Absorbedor:** componente de un captador solar cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.
- **Fluido de transferencia de calor o fluido de trabajo:** es el fluido encargado de recoger y transmitir la energía captada por el absorbedor.
- **Carcasa:** es el componente del captador que conforma su superficie exterior, fija la cubierta, contiene y protege a los restantes componentes del captador y soporta los anclajes del mismo.
- **Materiales aislantes:** Son aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica cuyo empleo en el captador solar tiene por objeto reducir las pérdidas de calor por la parte posterior y laterales.

- **Temperatura de estancamiento del captador:** corresponde a la máxima temperatura del fluido que se obtiene cuando, sometido el captador a altos niveles de radiación y temperatura ambiente y siendo la velocidad del viento despreciable, no existe circulación en el captador y se alcanzan condiciones cuasi-estacionarias.
- **Factor de ganancia o rendimiento óptico del captador:** rendimiento del captador cuando la diferencia de temperaturas entre el captador y el ambiente es cero.

5.2.4. Otros componentes

- **Acumulador solar o depósito solar:** depósito en el que se acumula el agua calentada por energía solar.
- **Intercambiador de calor:** dispositivo en el que se produce la transferencia de energía térmica entre dos fluidos que se encuentran en circuitos separados y a temperaturas diferentes. Pueden ser incorporados o independientes; de carga o de descarga
- **Intercambiador de calor incorporado ó Interacumulador:** ubicado en el acumulador solar. Los más comunes son de tipo serpentín, doble envolvente, etc.
- **Vaso de expansión:** dispositivo que permite absorber las variaciones de volumen y presión en un circuito cerrado producidas por las variaciones de temperatura del fluido circulante. Puede ser abierto o cerrado, según esté o no en comunicación con la atmósfera.

- **Tuberías:** elementos de conexión entre captadores, acumuladores, sistema de apoyo y resto de componentes de una instalación solar térmica.
- **Válvula de corte:** dispositivo que permite interrumpir el paso de fluido en un circuito. Permite aislar componentes a efectos de sustitución, reparación o mantenimiento.
- **Válvula antirretorno o de retención:** dispositivo que permite interrumpir el paso de fluido en un sentido.
- **Válvula de seguridad:** dispositivo que permite limitar la presión máxima del circuito.
- **Válvula de asiento:** dispositivo que permite equilibrar el circuito hidráulico.
- **Bomba de circulación:** dispositivo electromecánico que produce la circulación forzada del fluido a través de un circuito.
- **Purgador de aire:** dispositivo que permite la salida del aire acumulado en el circuito. Puede ser manual o automático.
- **Caldera:** es todo aparato en donde la energía potencial de un combustible se transforma en utilizable, en forma de calor, mediante el calentamiento de un fluido, agua o aire, que circula por ella y que se utiliza para calefacción o producción de agua caliente sanitaria(ACS).

5.2.5. Términos energéticos

- **Energías Renovables:** energías cuya utilización y consumo no supone una reducción de los recursos o potencial existente de las mismas (energía eólica, solar, hidráulica...). La biomasa también se considera como energía renovable pues la renovación de bosques y cultivos se puede realizar en un periodo de tiempo reducido.
- **Energía Solar Térmica:** energía renovable basada en la conversión de la energía proveniente del sol en energía en forma de calor a través de un efecto invernadero.

6. Requisitos de diseño

6.1. Condicionantes derivados de la legislación, reglamentación y normativa aplicables

Las soluciones adoptadas durante la elaboración de este proyecto han sido tomadas conforme a lo establecido en estos documentos:

- 1) Código Técnico de la Edificación (CTE).
- 2) Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas (IT).
- 3) Guía ASIT de la Energía Solar Térmica.

4) Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE.

5) RESOLUCIÓN de 21 de febrero de 2005, de la Dirección General de Energía y Minas, por la que se aprueban las especificaciones y requisitos técnicos y de garantías, que han de cumplir las instalaciones de energía solar acogidas al Plan Solar de Castilla y León: Línea I - Energía Solar Térmica (Convocatoria 2005).

6.2. Condicionantes de contorno y datos de partida

En este capítulo recogemos las condiciones de contorno del invernadero y los datos de partida necesarios para definir la instalación solar:

- Entorno del invernadero.
- Factores edificatorios y arquitectónicos.
- El programa funcional.

6.2.1. Entorno del invernadero

Es condicionante del promotor instalar el sistema solar térmico en un invernadero-semillero, propiedad del caserío Longane, ubicado en el municipio vizcaíno de Bermeo, en plena comarca de Busturialdea.

DATOS SIGPAC				
Provincia	Municipio	Polígono	Parcela	Superficie (ha)
48 - Vizcaya	17 - Bermeo	8	70	0.1933

Tabla 01: Datos del SIGPAC. Sistema de Información geográfica de Parcelas Agrícolas. Página Web del Gobierno Vasco - Euskadi.net.

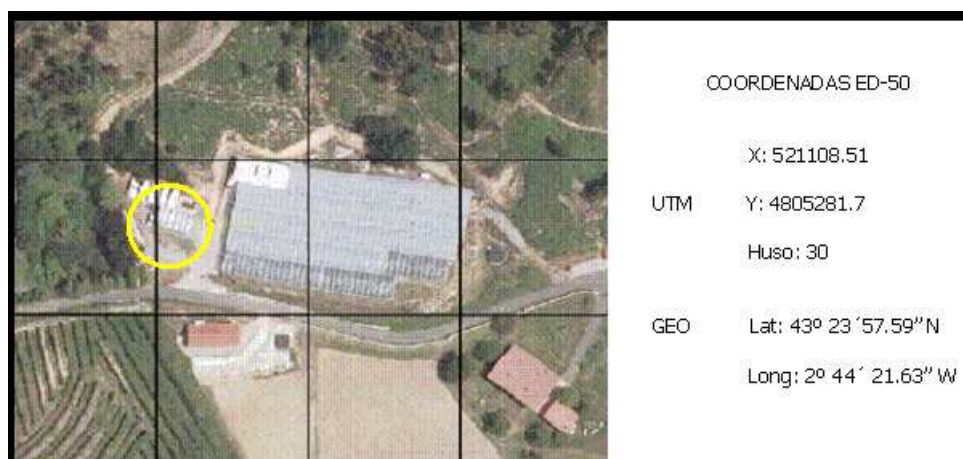


Imagen 01: Invernadero-semillero, propiedad del caserío Longane.

La parcela en la que está ubicado el invernadero se encuentra situada a pie de carretera, a menos de 2 kilómetros del municipio de Bermeo. Tiene una orientación Sur y dispone de un depósito legalizado con abundante agua potable, y electricidad a pie de finca.

El invernadero está ubicado en un recinto de 193 m², cuyo perímetro está delimitado por una valla metálica. Tiene una orientación E-O, y está construido sobre una

elevación del terreno que le proporciona una situación privilegiada con respecto al resto de elementos de la explotación, quedando libre de sombras significativas durante todo el año.

6.2.2. Factores edificatorios y arquitectónicos

A continuación analizaremos la interrelación invernadero-instalación solar, distinguiendo entre condicionantes del invernadero y condicionantes de la instalación, para diferenciar las características e implicaciones de las partes.

A) CONDICIONANTES DEL INVERNADERO

El invernadero es el primer condicionante que hemos tenido en cuenta; es un modelo tipo capilla curvo fabricado por la casa ULMA cuyas dimensiones son:

- Longitud.....12 metros.
- Anchura.....6.4 metros.
- Altura a canalón.....3.5 metros.
- Altura cenital.....4.7 metros.

Estas dimensiones conducen a una superficie total de 76.8 m² de los cuales 28,8 m² están ocupados por mesas de cultivo fijas, equipadas con un sistema de calefacción por suelo radiante.

La estructura de la nave es de acero galvanizado, partes en frío y partes en caliente, cimentada sobre zapatas de hormigón armado. La cubierta, paredes frontales y laterales, así como las puertas están formadas por placas rígidas de PVC ondulado y transparente de 1.5 mm de espesor.

Existe una única alimentación de agua fría a la instalación solar, que llega a través de la red de abastecimiento, pasando por un contador.

El invernadero dispone de un almacén de 82,27 m² anexo a la nave, que proporciona un amplio espacio para la instalación de los componentes del sistema solar; depósito de acumulación, vaso de expansión, circuladores, etc. Además ofrece sitio suficiente para realizar operaciones de mantenimiento, reforma y si se diera el caso, ampliación de la instalación. Véase imagen 02.



Imagen 02: Almacén anexo al invernadero.

B) CONDICIONANTES DE LA INSTALACIÓN SOLAR

Proyectamos ubicar el sistema de captación en la rampa de hormigón que sirve de acceso al invernadero, cumpliendo con los criterios de selección de emplazamientos establecidos por el proyectista:

- 1) Máxima insolación.

6.2.3. Programa de necesidades

El programa de necesidades establece los requerimientos de energía mensual que deben ser previstos para el buen funcionamiento del invernadero durante el periodo de explotación de la nave; distinguimos dos ciclos de producción anuales. Véase tabal 02.

Periodo	Ciclo	Duración	Consumo de gasóleo C
1	Primavera	28 días	320 litros
2	Otoño	28 días	800 litros

Tabla 02: Ciclos de producción; duración y consumo de gasóleo C durante cada periodo.

El servicio que proporcionará la instalación solar térmica quedará limitado a estos periodos, siempre y cuando las condiciones climatológicas lo requieran. En la siguiente tabla figuran los rangos de temperatura establecidos para cada fase de producción.

Temperatura ambiente óptima		
Siembra	20 -25	°C
Crecimiento	18 – 25	°C

Tabla 03. Rango de temperatura establecido para cada fase de producción.

6.2.4. Parámetros de demanda

En este capítulo definimos los datos de partida que hemos utilizado para el cálculo de prestaciones de la instalación solar térmica.

A) CONSUMO DE AGUA CALIENTE

Como veremos más adelante, el consumo diario de agua caliente del invernadero durante cada periodo de explotación de la nave lo hemos obtenido a partir de datos de consumo total de gasóleo para calefacción, que nos fueron proporcionados por el titular del proyecto. Los resultados obtenidos son:

PERIODO 1

L = 1861.04 litros/día.

PERIODO 2

L = 4656.52 litros/día.

B) TEMPERATURA DE AGUA FRÍA DE ENTRADA

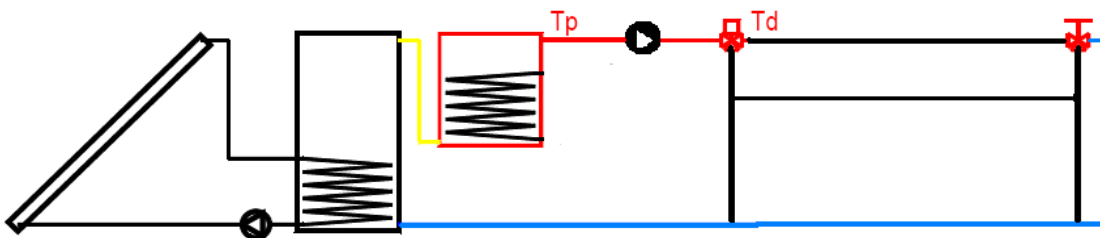
Los valores medios mensuales de la temperatura del agua de red para el municipio vizcaíno de Bermeo durante el año 2008, los hemos obtenido a través de Internet, en la página Web de la Agencia Vasca de Meteorología Euskalmet - Climatología de Euskadi, que nos ha permitido libre acceso a la información generada por la estación meteorológica automática de Bermeo G069-Almike. Véase tabla 04.

Almike (Bermeo)	Valores Medios Mensuales de Temperatura de Agua de Red	
Abril	11	°C
Octubre	14	°C
Noviembre	11	°C
GLOBAL	12	°C

Tabla 04: Valores medios mensuales de temperatura de agua de red recogidos por la estación meteorológica automática de Bermeo G069-Almike durante el año 2008.

C) TEMPERATURA DE AGUA CALIENTE

El consumo de agua caliente está asociado con la temperatura de preparación (TP), que para nuestra instalación será de 90° C. En la figura 01 se muestran gráficamente las temperaturas de preparación y distribución en una instalación solar de precalentamiento.



Esquema 01: Temperatura de agua fría, preparación y distribución.

6.2.5. Parámetros climáticos

Los parámetros climáticos que hemos considerado en el proceso de cálculo son cuatro: irradiación solar, temperatura ambiente, temperatura de agua de red y humedad.

Los datos climáticos los hemos obtenido a través de Internet en la página Web de la Agencia Vasca de Meteorología Euskalmet. Esta página nos ha permitido libre acceso a información generada por la estación meteorológica automática de Bermeo G069-Almike, próxima al invernadero objeto de nuestro proyecto. Véase tabla 05.

G069-ALMIKE (BERMEO)			
UBICACIÓN		DATOS GENERALES	
Provincia:	Vizcaya	Nombre Técnico:	Almike
Municipio:	Bermeo	Indicativo:	G069
Altitud (m):	106	Propietario:	D.M.C
Longitud:	02° 42' 31.	Tipo:	Meteorológica
Latitud:	43° 25' 24	Función desde:	09/12/2002 12:27:00

Tabla 05: Datos de la estación meteorológica automática de Bermeo G069-Almike

En la siguiente tabla indicamos los valores medios mensuales de irradiación solar, temperatura ambiente, temperatura de agua de red y humedad, para el municipio vizcaíno de Bermeo, durante el año 2008.

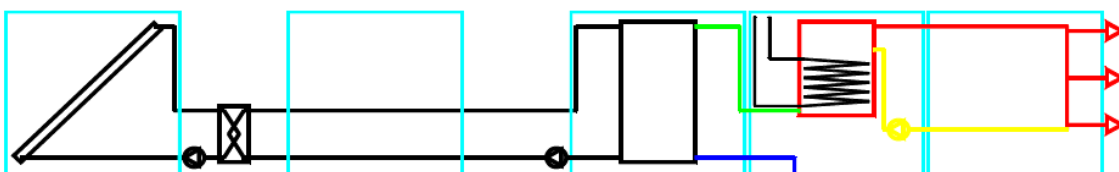
Almike (Bermeo)	Irradiación Solar [kJ/ m ²]	Temperatura Ambiente [°C]	Humedad [lb/lb]	Temperatura de Agua de Red [°C]
Enero	5,4	11,3	0.746	9
Febrero	8,9	12,4	0.687	10
Marzo	9,5	11	0.761	10
Abril	16,3	12,5	0.779	11
Mayo	19,1	16	0,790	13
Junio	20,9	17,6	0.851	15
Julio	21,1	19,4	0.801	17
Agosto	18,3	19,9	0.813	17
Septiembre	13,4	18,1	0.796	16
Octubre	8,9	15,2	0.794	14
Noviembre	4,1	11,1	0.814	11
Diciembre	3,7	9,2	0.843	10

Tabla 06: Valores medios mensuales de los parámetros climáticos, para el municipio vizcaíno de Bermeo, durante el año 2008.

7. Análisis de soluciones

7.1. Selección de la configuración

A la hora de seleccionar la configuración de nuestra instalación nos hemos basado en una instalación solar térmica real, diseñada por un ingeniero del centro de investigación tecnológica CIDEMCO. Véase esquema 02.

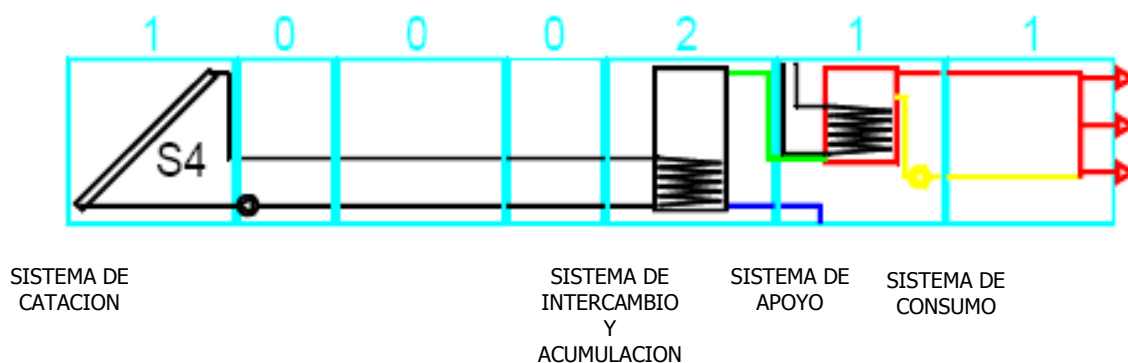


Esquema 02: Instalación con intercambiador independiente y acumulador de consumo. Esquema extraído de la Guía ASIT de la energía solar térmica.

Con objeto de escoger la configuración que mejor se adapte a las condiciones particulares de nuestro proyecto hemos considerado varios criterios sin embargo, podemos destacar como criterio principal:

La fiabilidad del funcionamiento de forma que la instalación funcione correctamente durante toda su vida útil.

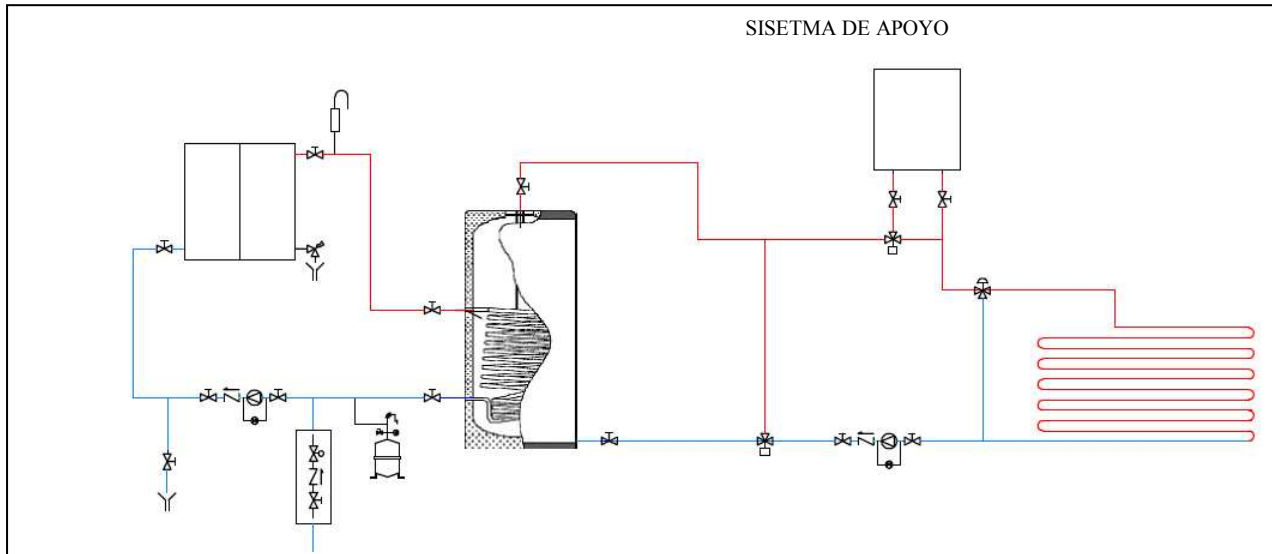
De esta forma, en nuestra instalación hemos perseguido la simplicidad del diseño, menor número de componentes, ya que mientras más sencillos los sistemas son más fiables, por que se sabe lo que funciona o no. Por lo tanto, la configuración escogida ha sido. Véase esquema 03.



Esquema 03: Instalación forzada con Interacumulador. Denominación: 1.0002.11. Esquema extraído de la Guía ASIT de la energía solar térmica.

7.2. Acoplamiento del sistema de apoyo

Con el fin de optimizar las prestaciones de nuestro sistema, en este proyecto hemos optado por conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo. Gracias a este conexionado el agua será inicialmente calentada por el sistema solar y, en caso de que sea necesario, en segundo lugar, el sistema de apoyo terminará de calentarla hasta la temperatura de consumo. Véase esquema 03.



Esquema 03: *Instalación de captadores solares con acoplamiento del sistema de apoyo en serie.*

8. Resultados finales

8.1. Materiales y componentes

Para la elaboración de este proyecto nos hemos basado en una instalación solar térmica real, diseñada por un ingeniero del centro de investigación tecnológica CIDEMCO. La mayoría de los materiales y componentes que veremos a continuación están presentes en dicha instalación de referencia.

8.1.1. Captador

La instalación solar estará compuesta por dos captadores solares del mismo tipo y modelo:



A) Características Principales

- **Cubiertas transparentes:**

- Número: 1.
- Espesor: 4 mm.
- Material: vidrio templado de bajo contenido en hierro.

- Dimensiones de apertura: 2225 x 1021 mm (2,27 m²).

- **Absorbedor:**

- Número: 1
- Configuración: parrilla con 10 tubos secundarios de cobre y dos tubos distribuidores del mismo material.
- Material: cobre.
- Espesor: 0,2 mm.
- Presión máxima de trabajo: 8 Kg. /cm²
- Tratamiento superficial: recubrimiento selectivo de titanio.
- Proceso de fabricación: soldadura por ultrasonidos.
- Peso en vacío: 7,6 Kg.
- Capacidad de líquido: 1,5 l.
- Dimensiones: 2,205 m²

- **Aislante Térmico:**

- Material: lana de roca.

- Espesor lateral y trasero: 25 mm y 55 mm.
- Conductividad: 0,036 W/ m K.

▪ **Carcasa:**

- Material: aluminio anodizado.
- Dimensiones externas: 2278 x 1075 x 110 mm.
- Peso total del colector lleno de líquido: 49,5 Kg.
- Peso total del colector vacío: 48 Kg.
- Sellado: EPDM.

▪ **Fluido de trabajo:**

- Tipo: anticongelante.
- Composición y aditivos: mezcla de agua con glicol 10%.

▪ **Limitaciones de funcionamiento:**

- Temperatura máxima de funcionamiento: 199 ° C
- Carga máxima de viento ó nieve admisible sobre el colector: 1000 Pa.

- o Caudal de circulación recomendado: 110 l/h.

8.1.2. Estructura de soporte

Instalaremos una estructura de soporte para los captadores en el exterior del invernadero, en la rampa que sirve de acceso a la nave. Consistirá en un cuadro formado por perfiles de acero normalizado que permitirá apoyar y conectar entre sí los colectores solares, proporcionándoles una inclinación de 35° con respecto al plano horizontal.

8.1.3. Interacumulador solar

La instalación dispondrá de un interacumulador monoserpentín de configuración vertical, para la producción y acumulación de agua caliente.



- Fabricante: Acumuladores Lomba S.L.
- Marca: Lomba.
- Modelo: ALS 350X.
- Tipo: Interacumulador monoserpentín.
- Número de serie:
- Año de fabricación: 2007

A) Características Principales

- Capacidad: 350 litros.
- Superficie de Intercambio: 1.8 m².
- Potencia en continua 80/60–10/45 ° C: 45-1.100 kW – Ltr./h
- Fabricado en Acero Inoxidable AISI – 316
- Aislamiento: espuma rígida de Poliuretano.
- Recubrimiento exterior: Poliestireno/Skay.
- Presión máxima de diseño del circuito primario: 8 bar.
- Presión máxima de diseño de circuito secundario 8 bar.
- Temperatura máxima de trabajo: 95 ° C
- Altura: 1800 mm.
- Diámetro: 680 mm.

8.1.4. Vaso de expansión

Proyectamos instalar un vaso de expansión independiente en cada uno de los circuitos cerrados de la instalación, marca SEDICAL ó similar.



El vaso de expansión lo ubicaremos en el interior del invernadero y será de tipo cerrado. Su misión será la de absorber la dilatación del fluido en el circuito primario y evitar que la presión supere los valores máximos previstos.

A) Características Principales

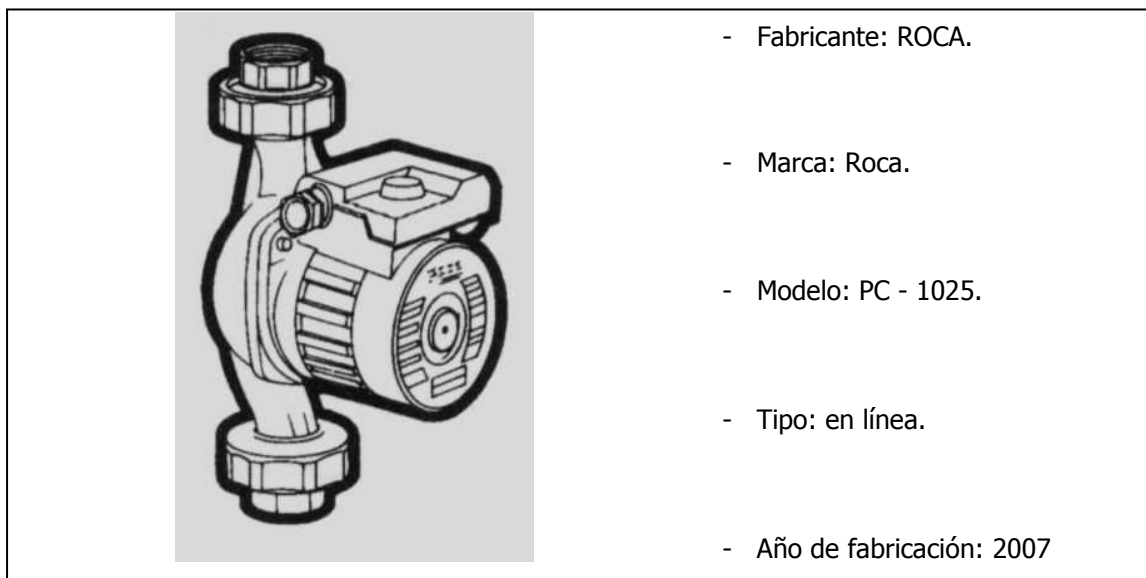
- Capacidad: 35. l.
- Peso: 13,2 Kg.
- Altura (H): 450 mm
- Diámetro: (D): 354 mm
- Conexión (C): R 3/4"
- Presión máxima de trabajo: 10 bares.

8.1.5. Circulador

Equiparemos a la instalación solar térmica con un circulador en línea, modelo ROCA PC 1025 ó similar, cuya función será el de hacer circular el fluido caloportador por el circuito primario.

La bomba de circulación la instalaremos en el circuito de retorno, la parte más fría de la instalación, teniendo en cuenta que no se produzca cavitación y con el eje de rotación en posición horizontal.

Instalaremos válvulas de corte a la entrada y la salida de la bomba para permitir su mantenimiento.



A) Características Principales

- Potencia: 35 W

- Tensión monofásica.
- Motor de rotor sumergido.
- Presión de trabajo: 10 bares.
- Número de revoluciones: 1.950 rpm.
- Conexión directa a la tubería mediante Racores.
- Piezas móviles en contacto con el agua, en material resistente a la corrosión.

8.1.6. Tuberías

La conexión de los diferentes componentes del circuito primario la realizaremos a través de tuberías de polietileno reticulado, marca Uponor ó similar:



Por otra parte, para las tuberías del circuito secundario emplearemos el cobre, por ser un material dúctil y maleable que facilita el montaje. Instalaremos tuberías de la marca HALCOR ó similar:



8.1.7. Aislante térmico

Para disminuir las pérdidas térmicas en los circuitos, y que el fluido caloportador llegue con la máxima temperatura al interacumulador, aislaremos todas las tuberías, accesorios y componentes de la instalación

Al tratarse de una instalación que trabajará a unas temperaturas superiores a 40° C y normalmente inferiores a 65° C, los espesores de aislamiento de tuberías y accesorios situados en interior serán:

Diámetro interior < 60 mm Espesor aislamiento: 20 mm

En los tramos de tuberías instalados en el exterior, el espesor indicado anteriormente lo incrementaremos en 10 mm.

Emplearemos coquillas de polietileno de célula cerrada, de 2 m de longitud, forma cilíndrica y estructura concéntrica, de la casa Armacell ó similar.



Nombre del fabricante: Armacell Iberia, S.L.

Marca: Armaflex.

Modelo: Tubolit.

Gama: coquilla.

A) Características Principales

- Material: Espuma de polietileno color gris oscuro
- Aplicación: Aislamiento y protección de tuberías.
- Campo de aplicación: +10 °C a +100 °C
- Conductividad térmica: 0,04 W/mK
- Comportamiento al fuego: DIN 4102 B-2.

8.1.8. Válvulas y accesorios

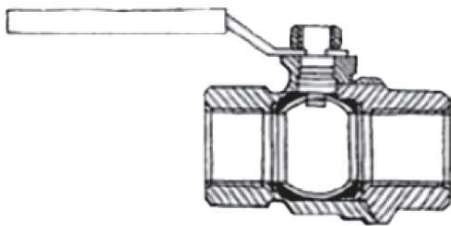
La elección de las válvulas la realizaremos, de acuerdo a la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo los siguientes criterios:

- 1) Para asilamiento: válvulas de esfera.
- 2) Para llenado: válvulas de esfera.

- 3) Para vaciado: válvulas de esfera.
- 4) Para purga de aire: válvulas de esfera.
- 5) Para seguridad: válvulas de resorte.
- 6) Para retención: válvula de clapeta.

1) VÁLVULAS DE BOLA O DE ESFERA DE DOS Y TRES VIAS

Para regular el flujo del fluido caloportador en el circuito primario y realizar operaciones de mantenimiento en los componentes mas importantes de la instalación, sin necesidad de realizar el vaciado completo de la misma y sin necesidad de que deje de funcionar, utilizaremos válvulas de bola de dos y tres vías, conocidas también como válvulas de esfera, de la casa Standard Hidráulica ó similar.

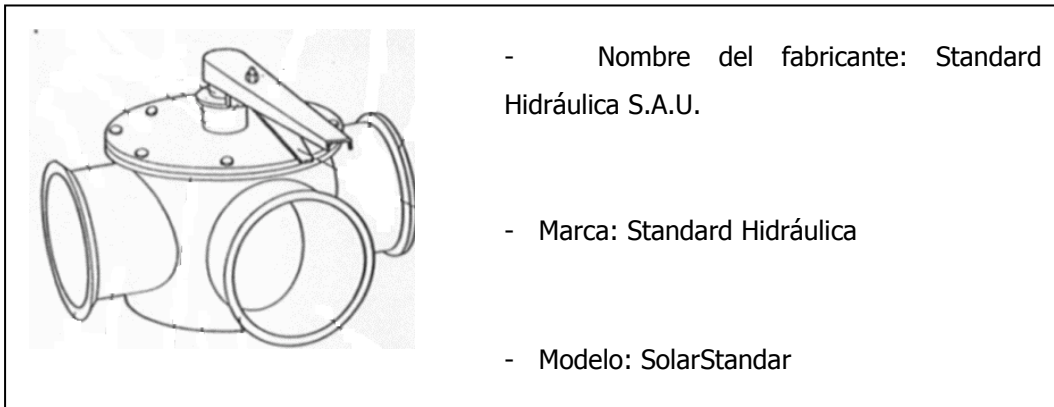


- Nombre del fabricante: Standard Hidráulica S.A.U.
- Marca: Standard Hidráulica
- Modelo: SolarStandar

A) Características Principales

- Cuerpo de fundición de hierro o acero.

- Esfera y eje de acero inoxidable.
- Asientos, estopada y juntas de teflón.
- Doble junta tórica.
- Cierre de ¼ de vuelta.
- Presión máxima 10 bar
- Temperatura máxima de servicio 180 °C.



A) Características Principales

- Cuerpo de fundición de hierro o acero.
- Esfera y eje de acero inoxidable.
- Paso en T/L

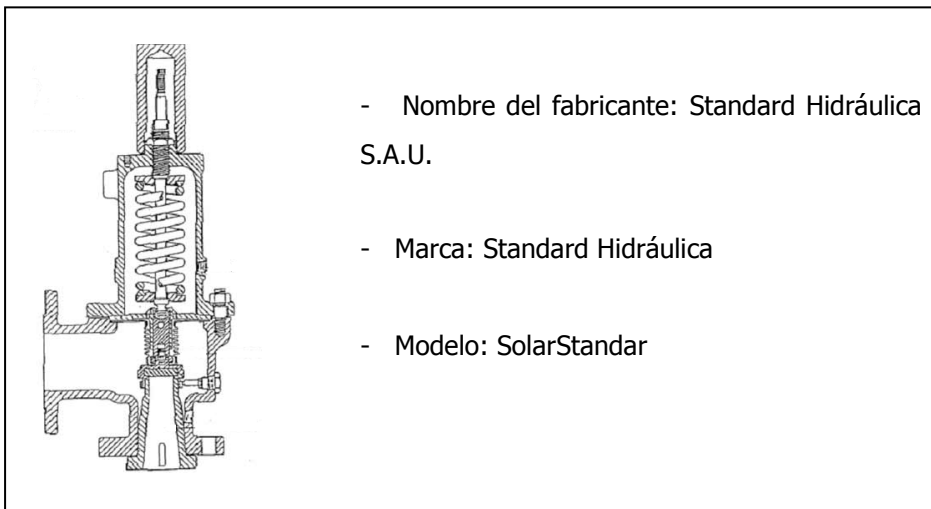
- Presión máxima 10 bar
- Temperatura máxima de servicio 180 °C

Se instalarán válvulas de bola en:

- la entrada y salida de la batería de captadores.
- en la entrada y salida del interacumulador.
- en la acometida de agua fría a la instalación.
- en el sistema de vaciado.
- en la entrada y salida del circuito de distribución de agua fría y caliente.
- en la entrada y salida de la bomba para facilitar operaciones de mantenimiento.
- en la entrada y salida de la instalación solar para poder aislarla del sistema de apoyo.

2) VÁLVULAS DE SEGURIDAD DE RESORTE

Instalaremos una válvula de seguridad en la batería de captadores, que deberá ser capaz de derivar la potencia máxima de los mismos, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la presión máxima de trabajo del captador o del sistema.



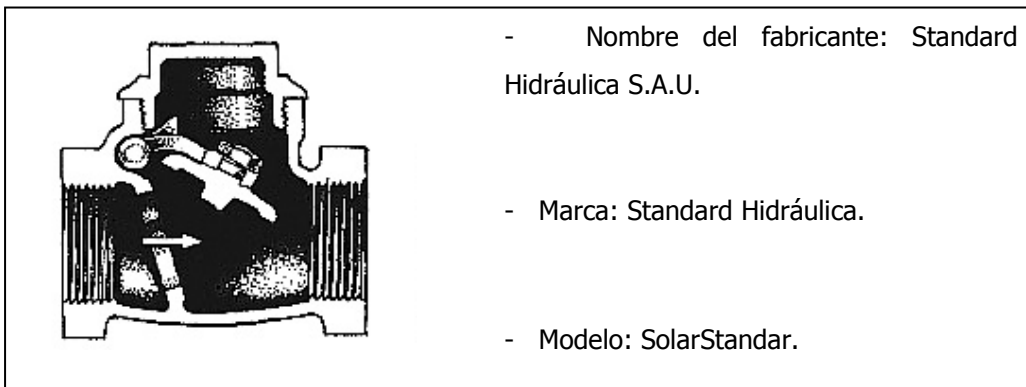
A) Características Principales

- Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.
- Obturador y vástago de acero inoxidable.
- Prensa-estopas de latón.
- Resorte en acero especial para muelle.
- Presión máxima 10 bar.
- Temperatura máxima de servicio 180 °C.

3) VÁLVULA DE RETENCIÓN DE CLAPETA

Se instalarán válvulas de retención de clapeta en:

- la acometida de agua fría.
- en cada una de las bombas para la conmutación automática.
- en el circuito primario y secundario para evitar el flujo inverso.



A) Características Principales

- Cuerpo y tapa de bronce ó latón.
- Asiento y clapeta de bronce.
- Conexiones rosca hembra.
- Presión máxima 10 bar.
- Temperatura máxima de servicio 180 °C.

4) PURGADOR AUTOMÁTICO DE AIRE

En la salida superior de la batería de colectores colocaremos un purgador de aire automático, tipo flotador, que permitirá la salida del aire acumulado en el circuito primario.



A) Características Principales

- Cuerpo Ø 40 y tapa de latón Ø 3/8".
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable o plástico.
- Obturador de goma sintética.

9. Condiciones de trabajo

A continuación especificaremos, para cada uno de los circuitos la instalación solar las condiciones de trabajo y las características de los fluidos de trabajo.

Las condiciones de trabajo de cada circuito quedan definidas por las temperaturas y presiones máxima, mínima y nominal.

El fluido de trabajo lo seleccionaremos de acuerdo con el tipo de circuito, las condiciones de funcionamiento y las condiciones extremas que puedan dar lugar a la formación de vapor y heladas.

9.1. Temperatura

9.1.1. Temperaturas máximas

Las temperaturas máximas para cada uno de los circuitos las definiremos a partir de la temperatura de estancamiento del captador y la temperatura de preparación del sistema de apoyo; 199 y 90 °C respectivamente.

9.1.2. Temperaturas mínimas

Las temperaturas mínimas de cada uno de los circuitos las definiremos a partir de la temperatura ambiente mínima exterior y la temperatura mínima de suministro de agua fría. En cualquier caso, aunque la temperatura ambiente mínima en el lugar de emplazamiento de nuestra instalación rara vez desciende de los 2 °C, como medida

preventiva, en este proyecto, hemos considerado una temperatura de -3 °C. Por otra parte, la temperatura mínima de suministro de agua fría, 9 °C, la hemos obtenido a través de Internet en la Página Web de Euskalmet – Agencia Vasca de meteorología.

9.1.3. Temperaturas nominales de funcionamiento

Las temperaturas nominales de cada uno de los circuitos las determinaremos a partir de temperatura de funcionamiento de la instalación solar y de la temperatura del sistema de preparación, 90 °C, y del circuito de distribución de agua caliente.

9.1.4. Protección a altas temperaturas

La instalación solar térmica tendrá un uso estacional. En los periodos de no explotación del invernadero procederemos al vaciado del contenido del circuito primario en un tanque auxiliar, y cubriremos los colectores con una cobertura opaca, evitando así el riesgo de sobrecalentamiento por el no uso de la instalación.

Por otra parte, dotaremos a la instalación con un dispositivo de control manual, que nos permitirá evitar los sobrecalentamientos de la instalación que puedan dañar los materiales ó equipos y penalicen la calidad del suministro energético.

La instalación dispondrá de la posibilidad de drenaje como protección ante sobrecalentamiento, y la diseñaremos de forma que se pueda drenar el circuito primario sin que el agua caliente o vapor supongan ningún peligro para los trabajadores, y no se produzcan daños en el sistema ni en ningún otro material.

9.2. Presión

9.2.1. Presión nominal

La presión nominal de cada uno de los circuitos es la menor de las presiones nominales de cada uno de los componentes y materiales que lo componen.

La presión nominal de cada componente corresponde a la presión máxima de trabajo que admite con un coeficiente de seguridad del 50%, es decir, que la presión de prueba es 1.5 veces la presión nominal. Se establecerán conforme a los niveles definidos en el RAP (Reglamento de Aparatos a Presión).

La presión nominal de cada circuito define la presión de tarado de la válvula de seguridad que evita que en cualquier punto de la misma la presión pueda subir por encima de aquella.

La presión de tarado será definida con un margen de seguridad del 10% de la presión nominal con un mínimo de 0,5 bar.

9.2.2. Presión máxima

La presión máxima de trabajo de cada circuito, valor máximo que puede alcanzarse durante cualquiera de las condiciones de funcionamiento, será siempre inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad, 10 bar, con un margen de seguridad adicional de, al menos, 0,5 bar.

Por otra parte, para la instalación objeto de este proyecto, la presión máxima de trabajo del circuito primario y secundario será de 8 bar.

9.2.3. Presión mínima

La presión mínima de cada uno de los circuitos, valor mínimo que puede alcanzar durante cualquiera de las condiciones de funcionamiento, será siempre superior a la presión atmosférica.

Para evitar que entre aire en los circuitos, la instalación estará diseñada para asegurar que, en las condiciones de temperatura más frías, quede un margen de presión, entre 0,5 y 1,5 bar, por encima de la presión atmosférica.

9.2.3. Resistencia a la presión

Todos los circuitos de la instalación estarán diseñados de forma que nunca se sobrepase la máxima presión soportada por todos los materiales. Para ello, irán provistos de válvulas de seguridad taradas a una presión que garanticen que en cualquier punto del circuito no se supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

9.3. Heladas

El riesgo de helada, para el lugar en de emplazamiento de nuestro proyecto (Bermeo- Bizkaia), es relámete bajo. La temperatura ambiente mínima rara vez desciende de los 2º C, siendo 0 el número de días con temperatura ambiente inferior a 0º C. Sin embargo, parte del circuito primario discurrirá por el exterior del invernadero, por lo que, como medida preventiva, añadiremos un 10% de anticongelante al fluido de trabajo.

Cabe destacar que la instalación solar térmica únicamente estará operativa durante el periodo de explotación del invernadero, véase tabla X. Fuera de estos meses el circuito será vaciado a un tanque auxiliar de almacenamiento, eliminado así el riesgo de sufrir ningún tipo de daño por bajas temperaturas.

Periodo	Ciclo	Duración
1	Primavera	28 días
2	Otoño	28 días

Tabla 07: Periodo de explotación de la nave

9.4. Fluido de trabajo

El fluido de trabajo cumplirá con lo establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) de este proyecto.

9.4.1. Mezcla anticongelante

Utilizaremos una mezcla de agua de red con propilen-glicol que no presentará riesgo para la salud humana. La proporción de este producto, 10% de propilen-glicol, se ajustará a la temperatura de congelación, garantizando la disminución del punto de congelación de la mezcla por debajo de los $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ demandados (-6°C). De esta manera obtendremos un margen de seguridad adecuado.

9.5. Flujo inverso

Dotaremos al circuito primario con una bomba circuladora que fuerza el flujo en la dirección correcta, sin embargo, el diseño de la instalación solar sitúa al interacumulador por encima de la cota inferior de los captadores. Este hecho exige tomar medidas preventivas frente al flujo inverso. En nuestra instalación, por lo tanto, tras la bomba, en impulsión, hemos proyectado instalar una válvula antirretorno que imposibilitará el flujo inverso en cualquier caso.

10. Planificación

Tras un minucioso estudio de todo lo referente al invernadero; construcción, instalaciones, equipamientos, control climático, etc. el primer paso ha sido definir claramente el objetivo y la forma de alcanzarlo. Acto seguido hemos procedido a identificar todos aquellos parámetros que intervendrán en el cálculo de la contribución solar de la instalación. Finalmente hemos llevado a cabo los cálculos pertinentes y hemos obtenido el resultado final.

11. Presupuesto

Partida 1: Material Solar.....978,00 €

Partida 2: Material Hidráulico.....1779,93 €

Partida 3: Material Aislante.....159,84 €

Partida 4: Instalación y puesta en marcha.....420,00 €

Partida 5: Transporte.....100,00 €

Partida 6: Otros.....413, 00 €

Total partidas.....**3850,77 €**

Gastos Generales (9%).....346, 56 €

I.V.A. (16%).....616,12 €

TOTAL.....**4813, 45 €**

Pamplona, abril de 2010

MIKEL NUÑEZ SANTOS

Ingeniero Técnico Agrícola

12. Orden de prioridad entre los documentos básicos

En este capítulo hemos establecido el orden de prioridad de los documentos básicos que conforman nuestro proyecto:

1. Memoria.

2. Planos

3. Pliego de Condiciones.

4. Mediciones.

5. Presupuesto.

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

INSTALACIÓN DE SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA
CALEFACCIÓN DE INVERNADERO

Índice

1. Requisitos generales.....	1
1.1. Objeto y campo de aplicación.....	1
1.2. Generalidades.....	2
1.3. Normativa y reglamento.....	2
1.4. Requisitos generales.....	7
1.4.1. Fluido de trabajo.....	7
1.4.2. Protección contra heladas.....	9
1.4.3. Sobrecalentamientos.....	12
1.4.4. Resistencia a presión.....	13

1.4.5. Prevención de flujo inverso.....	13
1.4.6. Prevención de la Legionelosis.....	14
2. Configuración básica.....	14
2.1. Clasificación de la instalación solar.....	14
3. Componentes y materiales.....	16
3.1. Requisitos generales.....	16
3.1.1 Captadores solares.....	17
3.1.2. Estructura de soporte.....	22
3.1.3. Interacumulador Solar.....	23
3.1.4. Tuberías.....	26
3.1.5. Aislamiento.....	28
3.1.6. Bomba de circulación.....	30
3.1.7. Vaso de expansión.....	32
3.1.8. Válvulas y accesorios.....	33

1. Requisitos generales

1.1 Objeto y campo de aplicación

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir la instalación solar térmica para calefacción propuesta en el presente proyecto, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas que forman parte de la instalación solar; sistemas mecánicos e hidráulicos.

Excepcionalmente, para el proyecto adoptaremos soluciones diferentes a las exigidas por el presente documento, justificando siempre su necesidad, y sin que impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

1.2. Generalidades

En general, a la instalación objeto de este proyecto le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas (IT), así como lo establecido en el Código Técnico de la Edificación (CTE) sobre energía solar térmica, además de las normas UNE correspondientes listadas en el presente documento.

En este proyecto proponemos la instalación de un sistema solar térmico que contribuya al ahorro energético y económico en la climatización de un invernadero dedicado a la producción de tomate hidropónico.

La instalación, consistirá en un *sistema solar de calentamiento a medida*, más concretamente un *sistema grande a medida*, diseñado para el precalentamiento de agua para calefacción de mesas de cultivo.

1.3. Normativa y reglamento

En este apartado recogemos el conjunto de disposiciones legales y normas de obligado cumplimiento que hemos tenido en cuenta para la elaboración de este proyecto:

11) Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas (IT). Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio.

12) Código Técnico de la Edificación (CTE): Documento básico sobre ahorro de energía, S/R.D. 314/2006 del 17 de marzo (B.O.E. núm. 74 de 28/03/2006).

13) Decreto 21/2006, del 14 de febrero, por el cual se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios (DOGC 4574, 16/02/2006).

14) Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

15) Reglamento de Aparatos a Presión (RAP). Orden 11764 de 31 de mayo de 1985 (B.O.E. número 148 de 21 de junio de 1985).

16) Directiva 97/23 CE Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de mayo de 1997 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre equipos a presión (DOCE Serie L, nº 181 de 9 de julio de 1997).

17) Certificación por el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Fundación CENER-CIEMAT. Ciudad de la Innovación, nº 7 · 31621 Sarriguren (Navarra) · España. Teléfono: + 34 948 25 28 00 + 34 948 27 07 74. E-Mail: info@cener.com. Internet: www.cener.com

18) Certificación por Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme (ISE). Sistemas de energía solar eléctricos y térmicos. Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg. Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg. Teléfono: + 49 (0) 761 4 58 80. Telefax: +49 (0) 761 45 88 90 00. E-Mail: info@ise.fraunhofer.de. Internet: www.ise.fraunhofer.de

19) Código ASME Sección VII División I. Diseño fabricación e inspección de tanques y recipientes a presión. Edición 2007, Adenda 2008. Avenue de Tervueren, 300. B-1150 Brussels, Belgium. Teléfono: + 32 2 743 15 43. Fax: + 32 2 743 15 50. Email: info-europe@asme.org. Internet: www.asme.org

20) Normas tecnológicas UNE (Una Norma Española):

- UNE 94002:2005. *Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.*

- UNE 94003:2007. *Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.*

- UNE-EN 12975-1:2006. *Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12975-2:2006: *Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12976-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN 12976-2: *Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12977-1: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-EN ISO 9488:2006. *Energía solar. Vocabulario.*
- UNE-ENV 12977-1:2002. *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE-ENV 12977-2:2002. *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 12977-3: *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.*

- UNE-EN 1991-1-3:2004. *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve.*
- UNE-EN 1991-1-4:2007. *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.*
- UNE-CEN ISO/TS 15875-7:2005. *Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X). Parte 7: Guía para la evaluación de la conformidad (ISO/TS 15875-7:2003).*
- UNE-EN 60335-2-51:2005/A1:2008. *Sobre aparatos electrodomésticos y análogos. Parte 2-51: Requisitos particulares para bombas de circulación fijas para instalaciones de calefacción y de distribución de agua.*
- UNE-EN ISO 14001:2004. *Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. (ISO 14001:2004/Cor 1:2009).*
- UNE 92106/1M: 1991. *Materiales aislantes térmicos. Espumas elastoméricas. Coquillas. Características generales.*
- UNE EN 970:1997. *Examen no destructivo de soldaduras por fusión. Examen Visual.*
- UNE 100150:1996 IN. *Climatización. Prevención de corrosión en circuitos de agua.*

- UNE 100151:1998. Climatización. Pruebas de estanqueidad de redes y tuberías.
- UNE 100152: 2004 IN. *Climatización. Soportes de tuberías.*
- UNE 100155:2004. *Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.*
- UNE 100156:2004 IN. *Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño.*
- UNE-EN 1057:2007. *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.*
- UNE 100171:1989 IN. *Climatización. Aislamiento Térmico. Materiales y Colocación.*
- UNE 66930:2004. *Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la aplicación de la Norma UNE-EN ISO 9001:2000 en las empresas de confección.*
- UNE 66916:2003. *Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos.*

1.4. Requisitos generales

1.4.1. Fluido de trabajo

A la hora de seleccionar el fluido de trabajo hemos tenido en cuenta tanto las especificaciones del fabricante de los captadores, como las características climatológicas de lugar de la instalación y la calidad del agua empleada.

A continuación especificamos las características del agua de consumo y de los restantes fluidos de trabajo que emplearemos en los distintos circuitos de la instalación.

El fluido de trabajo presentará como mínimo las siguientes características:

- Será completamente biodegradable.
- Debe tener baja viscosidad.
- No irritará seriamente la piel.
- No será tóxico ni contaminante al medio ambiente.
- El calor específico será superior a 3 kJ/ (kg.k) en condiciones cercanas a las normales de operación de la instalación.
- Será estable para todo el rango de presiones y temperaturas de trabajo del circuito.

- Cumplirá las especificaciones del fabricante de los componentes del circuito.

El pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 12 y el contenido en sales del agua se ajustará a los señalados en los siguientes puntos:

- 1) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l. totales de sales solubles.
- 2) El contenido en carbonato cálcico no excederá de 200 mg/l. expresados como contenido en carbonato cálcico.
- 3) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

1.4.2. Protección contra heladas

A) GENERALIDADES

Todos los componentes de la instalación que estén expuestos al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura mínima permitida sin sufrir daños permanentes en el sistema. Dicha temperatura es fijada por el fabricante y por el diseñador del sistema:

Temp. mín. permitida: -3 °

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el exterior, donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0º C, deberá estar protegido contra heladas.

A los efectos de este documento, como sistema de protección anti-heladas utilizaremos la mezcla anticongelante.

B) MEZCLA ANTICONGELANTE

Como fluido de trabajo en el circuito primario proponemos utilizar una mezcla de agua con propilen-glicol, por ser un producto que cumple con la reglamentación vigente.

La mezcla de agua con propilen-glicol no presentará riesgo para la salud humana

La proporción de anticongelante se ajustará a la temperatura mínima permitida. Véase tabla 01.

Temperatura de congelación (°C)	0	-3	-7	-15	-24
% de anticongelante	0	10	20	30	40

Tabla 01: Relación entre % de anticongelante y temperatura de congelación.

Los componentes de la mezcla no se degradarán para las temperaturas máximas y mínimas de funcionamiento de la instalación: 199 y -3º C respectivamente.

Con temperaturas inferiores la mezcla anticongelante se transformará en una pasta viscosa pero no reventará las tuberías

La mezcla anticongelante proporcionará protección frente a la corrosión.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la instalación y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

El sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que operan en la instalación; agua y agua con aditivos.

La reposición de fluido de los circuitos cerrados evitará la entrada de aire y las alteraciones en la composición del fluido original que perjudique a la instalación.

Para el cálculo del volumen de anticongelante tendremos en cuenta el volumen de llenado del vaso de expansión.

Tomaremos precauciones para evitar posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones las comprobaremos de acuerdo a la norma europea:

- UNE-EN 12976-2:2006. *Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.*

1.4.3. Sobrecalentamientos

A) PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTOS

La instalación solar estará dotada de un dispositivo de control manual que evite los sobrecalentamientos en la instalación que pueda dañar los materiales ó equipos y penalicen la calidad del suministro energético.

El sistema solar dispondrá de la posibilidad de drenaje como protección ante sobrecalentamiento, y estará diseñado de tal forma que cuando se proceda al drenaje del circuito primario el agua caliente o vapor no supongan ningún peligro para los trabajadores y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el invernadero.

Cabe destacar, que la instalación tendrá un uso estacional, por lo que en los periodos de no explotación del invernadero se procederá a vaciar el contenido del circuito primario en un tanque auxiliar, y se cubrirán los colectores con una cobertura opaca, evitando así el riesgo de sobrecalentamiento por el no uso de la instalación.

B) PROTECCIÓN DE MATERIALES Y COMPONENTES CONTRA ALTAS TEMPERATURAS

El sistema deberá ser calculado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

1.4.4. Resistencia a presión

Todos los circuitos de la instalación estarán diseñados de tal forma que nunca se sobrepase la máxima presión soportada por todos los materiales. Para ello irán provistos de válvulas de seguridad taradas a una presión que garanticen que en cualquier punto del circuito no se superen las presiones máximas de trabajo de los componentes.

Los componentes y sistemas deberán cumplir lo previsto en el Reglamento de Aparatos a Presión (RAP).

Los materiales de la instalación deberán soportar las máximas presiones de trabajo que puedan alcanzarse y todos los componentes deberán estar acreditados con los ensayos de resistencia a presión correspondientes.

La instalación cumplirá los requisitos establecidos por la normativa europea:

- UNE-EN 12976-1. *Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.*

1.4.5. Prevención de flujo inverso

La instalación deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debido al flujo inverso en ningún circuito hidráulico del sistema.

Como medida preventiva instalaremos sistemas antirretorno en todos los circuitos de la instalación solar. Dichos sistemas consistirán en válvulas antirretorno, que impedirán que el fluido circule en sentido contrario al deseable.

1.4.6. Prevención de la legionelosis

Se deberá cumplir, cuando sea de aplicación, el Real Decreto 865/2003, por lo que la temperatura del agua del circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno del acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70 °C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

2. Configuración básica

2.1. Clasificación de la instalación solar

En consideración con los diferentes objetivos atendidos por este Pliego de Condiciones Técnicas (PTC), aplicaremos los siguientes criterios de clasificación:

- 1) El principio de circulación.
- 2) El sistema de transferencia de calor.
- 3) El sistema de expansión.
- 4) La forma de acoplamiento.
- 5) La aplicación.

Por el *principio de circulación* se clasificará en:

- Instalación por circulación forzada:

Por el *sistema de expansión* se clasificará en:

- Sistema cerrado:

Por el *sistema de transferencia de calor* se clasificará en:

- Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar

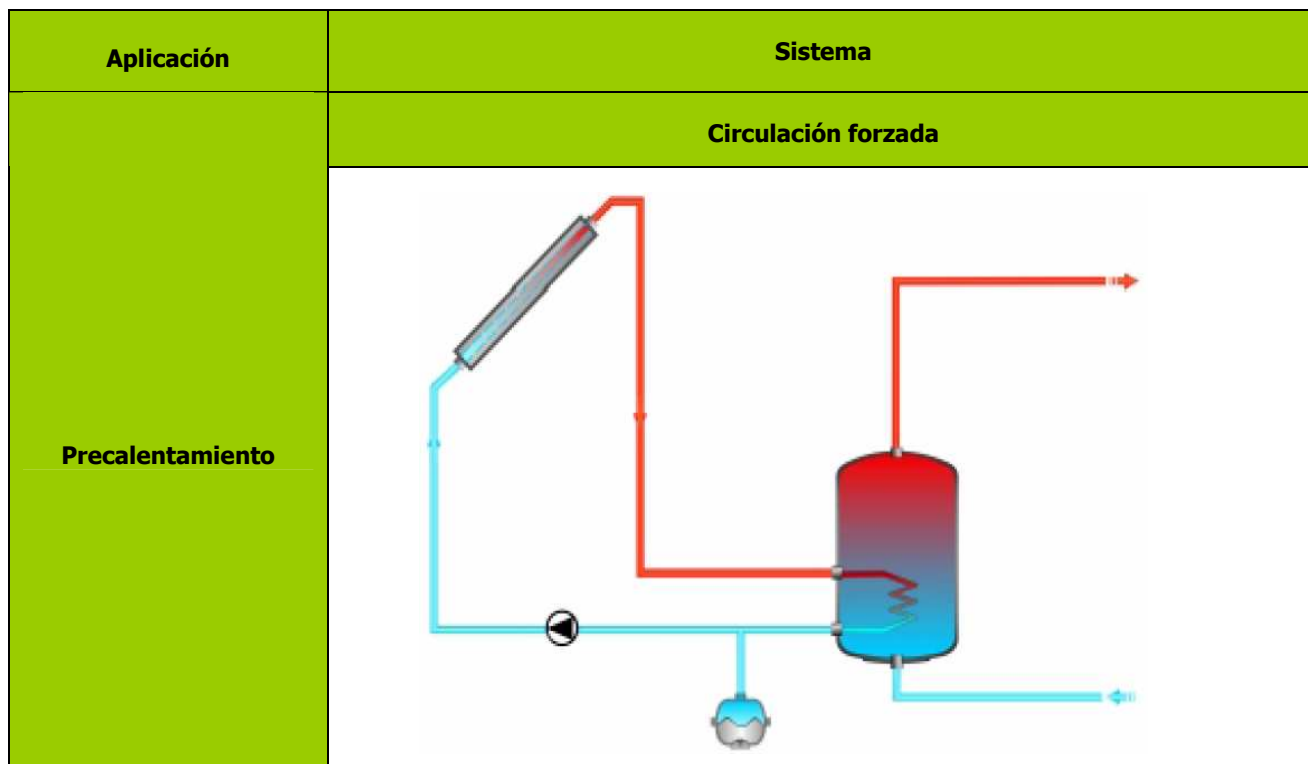
Por la *forma de acoplamiento* se clasificará en:

- Partido: colector y depósito a distancia física.

Por su *aplicación* se clasificará en:

- Instalación para precalentamiento.

Esquema 01: configuración de la instalación que se proyecta construir en el invernadero.



3. Componentes y materiales

3.1. Requisitos generales

Todos los componentes deberán cumplir la normativa vigente que les sea de aplicación y dispondrán de los certificados de conformidad correspondientes. A los fabricantes de los distintos componentes de las instalaciones se les podrá requerir que aporten los certificados de ISO 9000.

Por una parte, todos los componentes, materiales y accesorios de la instalación deberán estar preparados para resistir las condiciones de presión y temperatura extremas a las que pueden estar sometidos.

Por otra parte, todos los componentes, materiales y accesorios que se instalen en el exterior deberán estar expresamente diseñados y preparados para resistir las condiciones exteriores a las que vayan a estar expuestos; rayos UV, oxidación por acción combinada de agua y aire, etc.

Finalmente, todos los materiales deberán ser compatibles con los fluidos de trabajo que puedan contener.

3.1.1. Captadores solares

El sistema de captación estará constituido por dos captadores solares planos del mismo tipo y modelo, marca Isofotón, o similar.

Los captadores solares serán diseñados y fabricados de acuerdo a la siguiente normativa:

- UNE-EN 12975-1:2006: Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: requisitos generales.
- UNE-EN 12975-2:2006: Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: métodos de ensayo.
- Certificación por el Centro Nacional de Energías Renovables CENER
- Sistema de Gestión Medioambiental, según norma: UNE-EN ISO 14001:2004.

- Sistema de Gestión de Calidad, según norma UNE-EN-ISO 9001:2000.

- Certificación por Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme.

Los captadores estarán homologados por el Ministerio de Industria y Energía de acuerdo con lo señalado en el Real Decreto 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los paneles solares y en la Orden de 20 de Julio de 1980 por las que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.

Además, los datos para la caracterización térmica, hidráulica y mecánica deberán proceder de los resultados de ensayos realizados por centros homologados bajo el procedimiento establecido en la norma europea:

- UNE-EN 12975-1:2006. Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: requisitos generales.

- UNE--EN 12975-2:2006. Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2. Métodos de ensayo.

Los captadores solares utilizados se ajustarán a las siguientes características técnicas:



- Material de cubierta transparente: vidrio templado de espesor no inferior a 3 mm y transmisividad mayor o igual a 0.8.
- Distancia media del absorbedor y la cubierta transparente no inferior a 2 cm ni superior a 4 cm.
- Absorbedor constituido solo por materiales metálicos.

La instalación permitirá el acceso a los colectores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada colector con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

El captador llevará una etiqueta visible y duradera con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo.
- Número de serie.
- Año de fabricación.
- Superficie total del captador.

- Dimensiones del captador.
- Presión máxima de trabajo.
- Temperatura de estancamiento 1000 W/m² y 30 °C.
- Volumen del fluido de transferencia de calor.
- Peso del captador vacío.
- Fabricado en...

A) CARGA MÁXIMA DE VIENTO Y NIEVE

La carga máxima de viento o nieve admisible sobre el colector será aquella que genere una presión sobre este de 1000 Pa.

B) ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

El campo de captadores se ubicará en un lugar soleado, accesible y lo más cerca posible al sistema de acumulación.

El sistema de captación estará constituido por dos captadores con la misma orientación e inclinación que, deberán cumplir los requisitos de pérdidas límites establecidos por el Código Técnico de la Edificación (CTE).

En relación con la orientación, inclinación y sombras, las pérdidas respecto al óptimo, serán inferiores a los límites establecidos en la tabla 03.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 03: Relación de pérdidas con respecto a la orientación, inclinación y sombras

Los captadores se orientaran hacia el Sur geográfico, considerada como orientación óptima para maximizar el beneficio solar.

El periodo de utilización de la instalación se reparte entre los meses de primavera y otoño-invierno, sin embargo la mayor demanda de energía se produce durante los meses de otoño-invierno, por lo tanto se decide proporcionar a la instalación una inclinación que se corresponda con latitud geográfica + 10 ° es decir, 50° con respecto al plano horizontal.

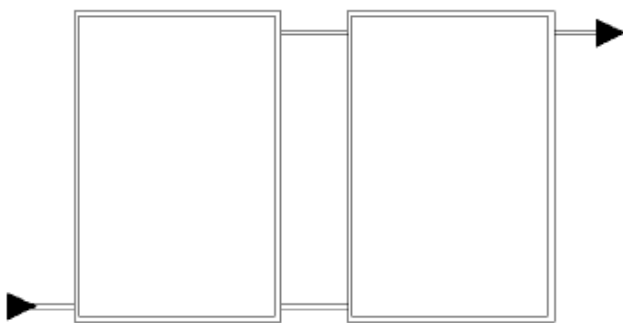
C) CONEXIONADO

Los captadores solares se dispondrán en fila, formando una batería, y se conectarán en paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre, en la entrada y la salida de

la batería de captadores, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento.

Así mismo, en la instalación del campo de colectores se dispondrá de una válvula de seguridad, con el fin de proteger la instalación.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.



La conexión entre captadores se llevará a cabo mediante un racor de compresión mecánica que asegura la estanqueidad en la unión.

Figura 01: *Conexión de captadores en paralelo*

3.1.2. ESTRUCTURA DE SOPORTE

El diseño de la estructura será realizado por un ingeniero del Centro de Investigación Tecnológica CIDEMCO según las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE) en cuanto a seguridad estructural.

El diseño y construcción de la estructura, junto con el sistema de fijación de los captadores permitirán las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la instalación.

Los puntos de sujeción de los captadores serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuada, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

La estructura de soporte deberá resistir con los paneles instalados las sobrecargas de viento y nieve, según lo establecido en la normativa europea correspondiente:

1) UNE-EN 1991-1-3:2004. Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve.

2) UNE-EN 1991-1-4:2007 Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.

Todos los materiales de la estructura se protegerán contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua. Para ello, se empleará pintura orgánica de zinc.

La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder a la protección de la estructura.

3.1.3. Interacumulador solar

La instalación de energía solar térmica dispondrá de un interacumulador monoserpentín de configuración vertical que se instalará en el interior del invernadero.

El acumulador solar estará fabricado íntegramente en acero inoxidable AISI 316 y aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano y protegido por un

recubrimiento exterior de poliestireno, garantizando las mínimas pérdidas energéticas además de higiene y durabilidad independientemente del agua utilizada.

El acumulador será diseñado y fabricado de acuerdo a la siguiente normativa:

- Directiva 97/23 CE Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de mayo de 1997, relativa al acercamiento legislativo de los Estados Miembros en cuanto a los equipos a presión.
- Norma UNE EN 970:1997. *Examen no destructivo de soldaduras por fusión. Examen Visual.*
- UNE 100171:1989 IN. *Climatización. Aislamiento Térmico. Materiales y Colocación.*
- Norma UNE-EN-ISO 9001:2000. *Sistema de Gestión de Calidad.*
- Reglamento de Aparatos a Presión (RAP).
- Código ASME Sección VII División I.

El intercambiador incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y será de tipo sumergido. Siendo la relación de la superficie útil de intercambio del intercambiador y la superficie total de captación no inferior a 0,15.

El interacumulador llevará una placa de identificación situada en un lugar claramente visible, escrita con caracteres indelebles y en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Número de fabricación.
- Capacidad nominal.
- Presión máxima de servicio.

A) SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de estratificación por temperatura en el depósito, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las siguientes:

- 1) La conexión de entrada de agua caliente procedente de los colectores solares al interacumulador, se realizará por la parte superior del mismo, a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total.

2) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia los colectores solares se realizará por la parte inferior de éste.

3) La conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizará por la parte inferior del interacumulador.

4) La extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior de este.

3.1.4. TUBERÍAS

La conexión de los diferentes componentes de la instalación se realizará a través de tuberías de cobre y polietileno reticulado compatibles con el fluido caloportador, que soporten las condiciones extremas de funcionamiento del correspondiente circuito y con la protección necesaria en función de la ubicación.

Las tuberías deben cumplir los requisitos establecidos por el Código Técnico de la Edificación (CTE) y por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

En el circuito primario se emplearán tuberías de polietileno reticulado, diámetro interior 22mm, fabricadas según la norma europea:

- UNE-CEN ISO/TS 15875-7:2005. Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X). Parte 7: Guía para la evaluación de conformidad. (ISO/TS 15876-7:2003).

En el circuito secundario se emplearán tuberías de cobre; tubos estirados en frío cuyas uniones serán realizados por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma europea:

- UNE-EN 1057:2007. Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

El diámetro de la tubería se seleccionará en función del caudal de la instalación, 110 l/h, ya que deben cumplirse los requisitos exigidos por el RITE y el CTE que establecen que la velocidad de circulación del fluido no sobrepase 3 m/seg.

Nº de captadores	Caudal(l/h)	Área (m2)	Diámetro Interior Tubería (mm)
1-7	110-770	2,2-15,4	22

Tabla 04: En la siguiente tabla se muestran el caudal recomendado y los diámetros adecuados para la instalación.

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

El acabado de las superficies de asiento y obturador deberá asegurar la estanqueidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

Los soportes de tuberías cumplirán con lo establecido en la norma europea:

- UNE 100152: 2004 IN. Climatización. Soportes de tuberías.

Se utilizarán los elementos necesarios para absorber las dilataciones de las tuberías según se recoge en la norma:

- UNE 100156:2004 IN. Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño.

3.1.5. Aislamiento

Las tuberías y equipos situados a la intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, especialmente contra la radiación solar y la humedad.

Se emplearán coquillas de polietileno de célula cerrada, forma cilíndrica y estructura concéntrica.

El espesor necesario para cumplir los requisitos de uso eficiente de la energía y para la seguridad contra quemaduras por contactos accidentales, se obtendrá de acuerdo a lo indicado en las instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) según Apéndice 03.1 hasta la Ref. 20-48.

Al tratarse de una instalación que trabajará a unas temperaturas superiores a 40° C y normalmente inferiores a 65° C, los espesores de aislamiento de tuberías y accesorios situados en interior serán:

Diámetro interior < 60 mm Espesor aislamiento: 20 mm

El aislante térmico se fabricará de acuerdo a las normas europeas:

- UNE 92106/1M: 1991. Materiales aislantes térmicos. Espumas elastoméricas. Coquillas. Características generales.
- UNE 100171:1989 IN. Climatización. Aislamiento térmico. Materiales y colocación.
- UNE 100171:1992 ERRATUM. Climatización. Aislamiento térmico. Materiales y colocación.

Cumpliendo con la nueva regulación del Parlamento Europeo para la fabricación de espumas de polietileno, no se utilizará HCFG en el proceso de fabricación.

El material aislante situado a la intemperie deberá protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro. Debido a que el aislamiento está basado en espuma elastomérica, se emplearán pinturas plásticas impermeables cuya exposición prolongada al sol no afecte a sus propiedades fundamentales.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc. deberán quedar visibles y accesibles. Tampoco se aislarán los vasos de expansión ni el ramal de conexión entre el vaso de expansión y la línea principal del circuito.

3.1.6. Bomba de circulación

El circuito primario estará equipado con una bomba de circulación, marca ROCA PC 1025 ó similar, que provocará la circulación forzada del fluido de trabajo.

Dicho dispositivo deberá cumplir lo establecido en el Reglamento Sobre Equipos a Presión (RAP) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC), además de la norma europea:

- UNE-EN 60335-2-51:2005/A1:2008 sobre aparatos electrodomésticos y análogos. Parte 2-51: Requisitos particulares para bombas de circulación fijas para instalaciones de calefacción y de distribución de agua.

La bomba de circulación será en línea y se ubicará en la zona más fría del circuito, con el eje de rotación en posición horizontal.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con el fluido de trabajo.

La bomba será resistente a la corrosión y a las averías producidas por las incrustaciones calizas.

Permitirá efectuar de forma simple las operaciones de desairación o purga.

La bomba de circulación llevará una placa de identificación situada en un lugar claramente visible, escrita con caracteres indelebles y en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Características eléctricas.

La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito primario.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de estas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión ó flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no será nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la misma.

El acoplamiento de la bomba con la tubería se hará mediante rácores, que asegurarán la estanqueidad de la unión.

3.1.7. Vaso de expansión

Se instalará un sistema de expansión independiente en cada uno de los circuitos cerrados de la instalación.

Tanto el dimensionado como la instalación del vaso de expansión se realizarán según lo establecido en:

- Código Técnico de la Edificación (CTE). Sección HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- UNE 100155:2004. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.

Cumplirá con lo especificado el Reglamento sobre Equipos a Presión (RAP), solo podrá ser cerrado y estará debidamente timbrado.

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3% del volumen total del fluido en el circuito primario.

Se ubicarán preferentemente en el interior del invernadero, y dispondrán de, al menos, una válvula de seguridad y un manómetro.

El ramal de conexión del sistema de expansión se conectará, preferentemente en la parte mas fría de los circuitos, en la aspiración de la bomba.

Los vasos de expansión llevarán una placa de identificación escrita con caracteres indelebles en la que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante
- Marca

- Modelo

Se recomienda que los vasos de expansión utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100°C pero, en cualquier caso, se adoptarán las medidas necesarias (vaso tampón, tubería de enfriamiento, etc.) para que no llegue al vaso fluido a temperatura superior a la que el mismo pueda soportar.

3.1.8. Válvulas y accesorios

El apartado 3.4.6 de la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (CTE) establece que, la elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- 1) Para asilamiento: válvulas de esfera.
- 2) Para llenado: válvulas de esfera.
- 3) Para vaciado: válvulas de esfera.
- 4) Para purga de aire: válvulas de esfera.
- 5) Para seguridad: válvulas de resorte.
- 6) Para retención: válvulas de clapeta.

Las válvulas llevarán impreso de forma indeleble, el diámetro nominal, la presión nominal, y, si procede la presión de ajuste.

A los efectos de este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT), no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

Toda la valvulería empleada estará diseñada para soportar los límites máximos recomendados de presión y temperatura.

La instalación de toda valvulería permitirá su posterior acceso a efectos de mantenimiento, reparación ó desmontaje.

A) VÁLVULA DE ESFERA Ó DE BOLA

Se instalarán válvulas de bola necesarias para poder realizar operaciones de mantenimiento en los componentes más importantes de la instalación, sin necesidad de realizar un vaciado completo de la misma y sin necesidad de que deje de funcionar.

Para ello se instalaran válvulas de bola en:

- la entrada y salida de la batería de captadores.
- en la entrada y salida del interacumulador.
- en la acometida de agua fría a la instalación.

- en el sistema de vaciado.

- en la entrada y salida del circuito de distribución de agua fría y caliente.

- en la entrada y salida de la bomba para facilitar operaciones de mantenimiento.

- en la entrada y salida de la instalación solar para poder aislarla del sistema de apoyo.

Los componentes fundamentales de la válvula estarán constituidos por los materiales que se indican a continuación:

- Cuerpo de fundición de hierro o acero.

- Esfera y eje de acero durocromado o acero inoxidable.

- Asientos, estopada y juntas de teflón.

- Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón durocromado.

El volante y la palanca deben ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual con la aplicación de una fuerza razonable, sin la ayuda de medios auxiliares.

B) VÁLVULA DE SEGURIDAD DE RESORTE

Se instalará, como mínimo, una válvula de seguridad en cada uno de los circuitos cerrados de la instalación.

Adicionalmente, se instalara una válvula de seguridad en la batería de captadores y en interacumulador.

La válvula de seguridad, deberá ser capaz de derivar la potencia máxima del grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la presión máxima de trabajo del captador o del sistema.

La posición de las válvulas de seguridad y la conducción de escape deberá garantizar que, en caso de descarga no se producen accidentes ó daños.

Los componentes fundamentales de la válvula estarán constituidos por los materiales que se indican a continuación:

- Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.
- Obturador y vástago de acero inoxidable.
- Prensa-estopas de latón.
- Resorte en acero especial para muelle.

D) VÁLVULA DE RETENCIÓN DE CLAPETA

Se colocarán válvulas de retención de clapeta en:

- la acometida de agua fría.
- en el circuito primario y secundario para evitar circulaciones naturales indeseables.
- en cada una de las bombas para la conmutación automática.

Las válvulas de retención garantizarán un determinado nivel de hermeticidad para el máximo nivel de presión diferencial que se pueda establecer.

Los componentes fundamentales de la válvula estarán constituidos por los materiales que se indican a continuación:

- Cuerpo y tapa de bronce o latón.
- Asiento y clapeta de bronce
- Conexiones rosca hembra.

E) PURGADOR AUTOMÁTICO DE AIRE

De acuerdo con lo establecido en el apartado 3.3.5.5 de la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación (CTE), en los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desairación y purgador manual o automático. Cada botellín tendrá un volumen mínimo de 10 cm³ por

m² de captador. Este volumen podrá disminuirse si en el circuito correspondiente se instala un desairador con purgador automático.

En el caso de utilizar purgadores automáticos, siempre se instalarán con una válvula de corte que permita cortar su conexión con los circuitos para evitar problemas si se produce la vaporización del fluido de trabajo. Adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.

Los purgadores automáticos resistirán las temperaturas y presiones máximas alcanzables en el circuito correspondiente. Los del circuito primario se recomienda que resistan, al menos, temperaturas de 150° C.

Pamplona, abril de 2010

MIKEL NUÑEZ SANTOS

Ingeniero Técnico Agrícola

CÁLCULOS

INSTALACIÓN DE SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA CALEFACCIÓN DE INVERNADERO DE BERMEO

Índice

1. Definición y valoración de los parámetros de uso.....	1
1.1. Cálculo de la demanda de agua caliente.....	1
1.2. Temperatura de agua fría de entrada.....	4
1.3. Temperatura de agua caliente.....	4
2. Selección de la configuración básica.....	5
3. Obtención de los datos climáticos.....	6

4. Cálculo de la demanda y el consumo de energía...	8
5. Selección de la orientación e inclinación de los captadores.....	9
6. Selección de los parámetros funcionales de la instalación.....	12
7. Cálculo de las prestaciones de la instalación.....	16
7.1. Método de cálculo utilizado.....	16
7.2. Cálculo de las prestaciones de la instalación de referencia.....	17
8. Ajuste de la inclinación y orientación de los captadores.....	19
9. Modificación y ajuste de parámetros funcionales.....	21

10. Elección de la combinación de interacumulador e inclinación de los colectores solares.....23

1. Definición y valoración de los parámetros de uso.

A continuación, definiremos los parámetros de uso necesarios para determinar el ahorro de combustible para calefacción de mesas de cultivo, que tiene lugar en un invernadero-semillero, gracias a la instalación de un sistema solar térmico para el precalentamiento de agua.

1.1. Cálculo de la demanda de agua caliente

Calcular la demanda de agua caliente del invernadero durante los periodos de explotación de la nave nos ha resultado relativamente sencillo, ya que conocemos el consumo total de gasoil para calefacción durante cada periodo. Véase tabla 01.

Periodo	Ciclo	Meses	Duración	Consumo de gasóleo C
1	Primavera	Abril	28 días	320 litros
2	Otoño	Octubre - Noviembre	28 días	800 litros

Tabla 01: Consumo total de gasoil para calefacción durante cada periodo de explotación de la nave.

El Gasóleo C tiene un poder calorífico de aproximadamente 9800 Kcal/Kg. Sin embargo, no toda esta energía se convertirá en calor útil, debido principalmente al rendimiento de la caldera. El invernadero esta dotado de un calefactor de agua caliente modelo THG 62, de la casa Terminal, cuyo rendimiento supera el 90%. Por lo tanto, del poder calorífico que nos puede proporcionar un Kg. de Gasóleo hemos obtenido:

$$0,90 * 9800 = 8820 \text{ Kcal/Kg.}$$

Por otra parte, para obtener el volumen en kilogramos de Gasóleo C consumidos durante cada periodo, no hemos tenido más que multiplicarlo por su densidad que para el Gasóleo vale aproximadamente 0,85 kg/l.

PERIODO 1

PERIODO 2

$$320 * 0.85 = 272 \text{ kilogramos de Gasóleo C consumidos.}$$

$$800 * 0.85 = 680 \text{ kilogramos de Gasóleo C consumidos.}$$

Para obtener el poder calorífico que nos pueden proporcionar 272 y 680 Kg. de Gasóleo C los hemos multiplicado por la calorías correspondiente a un Kg. de combustible.

PERIODO 1

PERIODO 2

$$272 * 8820 = 2399040 \text{ Kcal.}$$

$$680 * 8820 = 5997600 \text{ Kcal}$$

La demanda energética diaria del invernadero la hemos obtenido dividiendo las Kcal. que nos proporcionan los 272 y 680 Kg. de Gasóleo C por los 28 días que constituyen cada periodo de explotación de la nave.

PERIODO 1

PERIODO 2

$$2399040/28 = 85608 \text{ Kcal/día.}$$

$$5997600/28 = 214200 \text{ Kcal/día.}$$

Finalmente, para obtener el consumo de agua caliente del invernadero hemos partido de la siguiente expresión:

$$Q = L C_e (T_{uso} - T_{final})$$

donde:

Q: demanda energética diaria: Ce: calor específico del agua.

Q Periodo 1: 85608 Kcal/día. Tfinal: 40° C

Q Periodo 2: 214200 Kcal/día. Tuso: 90° C

L: litros de agua.

De forma que aislando L hemos obtenido el consumo de agua diario para cada periodo:

PERIODO 1

$$L = 85608 / 0.92 * (90 - 40)$$

$$L = 1861.04 \text{ litros/día.}$$

PERIODO 2

$$L = 214200 / 0.92 * (90 - 40)$$

$$L = 4656.52 \text{ litros/día.}$$

1.2. Temperatura de entrada

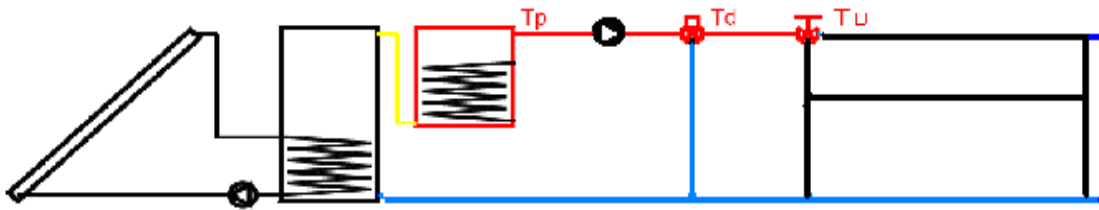
Los datos de temperatura de agua fría de entrada los hemos obtenido a través de Internet en la página Web de la Agencia Vasca de Meteorología Euskalmet, que nos ha permitido libre acceso a la información generada por la estación meteorológica automática de Bermeo G069-Almike. Véase tabla 02.

Almike (Bermeo)	Valores Medios Mensuales de Temperatura de Agua de Red	
Enero	9	°C
Febrero	10	°C
Marzo	10	°C
Abril	11	°C
Mayo	13	°C
Junio	15	°C
Julio	17	°C
Agosto	17	°C
Septiembre	16	°C
Octubre	14	°C
Noviembre	11	°C
Diciembre	10	°C
GLOBAL	13	°C

Tabla 02: Valores medios mensuales de temperatura de agua de red recogidos por la estación meteorológica automática de Bermeo G069-Almike durante el año 2008.

1.3. Temperatura de agua caliente

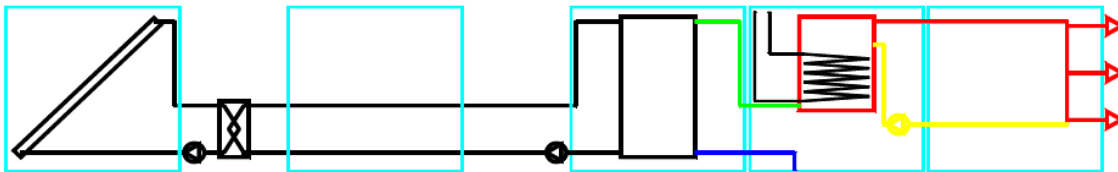
El consumo de agua caliente está asociado a la temperatura de preparación (T_p), que es de 90° C. En la figura 01 se muestran gráficamente las temperaturas de preparación (T_p), distribución (T_d) y uso (T_u) en una instalación solar para precalentamiento de agua.



Esquema 01: Temperatura de preparación (T_p), distribución (T_d) y uso (T_u).

2. Selección de la configuración básica

Para la selección de la configuración básica nos hemos basado en una instalación solar térmica real, diseñada por un ingeniero del centro de investigación tecnológica CIDEMCO. Véase esquema 02.

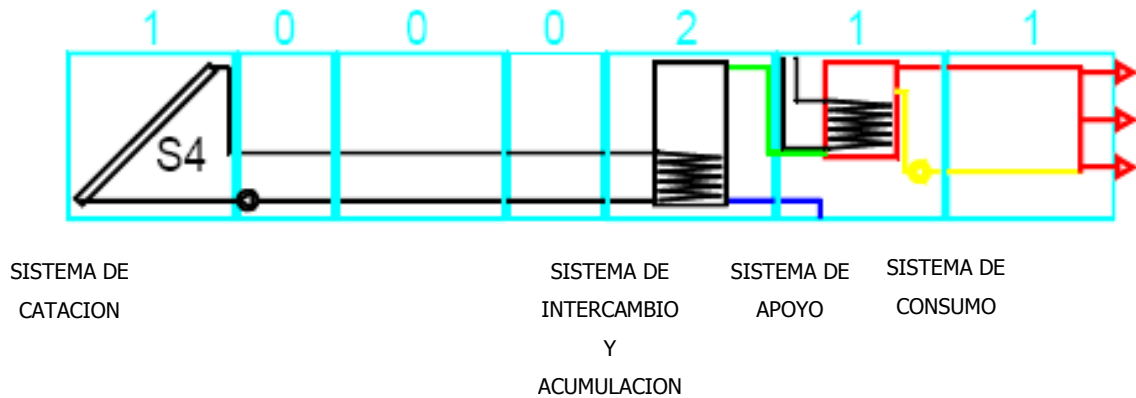


Esquema 02: Instalación con intercambiador independiente y acumulador de consumo. Esquema extraído de la Guía ASIT de la Energía Solar Térmica.

Con objeto de escoger la configuración que mejor se adapte a las condiciones particulares de nuestro proyecto hemos considerado varios criterios sin embargo, podemos destacar como criterio principal:

- La fiabilidad del funcionamiento de forma que la instalación funcione correctamente durante toda su vida útil.

De esta forma, en nuestra instalación hemos perseguido la simplicidad del diseño, menor número de componentes, ya que mientras más sencillos los sistemas son más fiables, por que se sabe lo que funciona o no. Por lo tanto, la configuración escogida ha sido. Véase esquema 03.



Esquema 03: Instalación forzada con Interacumulador. Denominación: 1.0002.11. Esquema extraído de la Guía ASIT de la Energía Solar Térmica.

3. Obtención de datos climáticos

Los datos climáticos los hemos obtenido a través de Internet en la página Web de la Agencia Vasca de Meteorología Euskalmet. A través de esta página hemos podido consultar el informe meteorológico del año 2008, elaborado por Euskalmet en base a los datos recogidos por la estación meteorológica automática de la red Hidrometeorológica del País Vasco, G069-ALMIKE (BERMEO). Véase imagen 01.

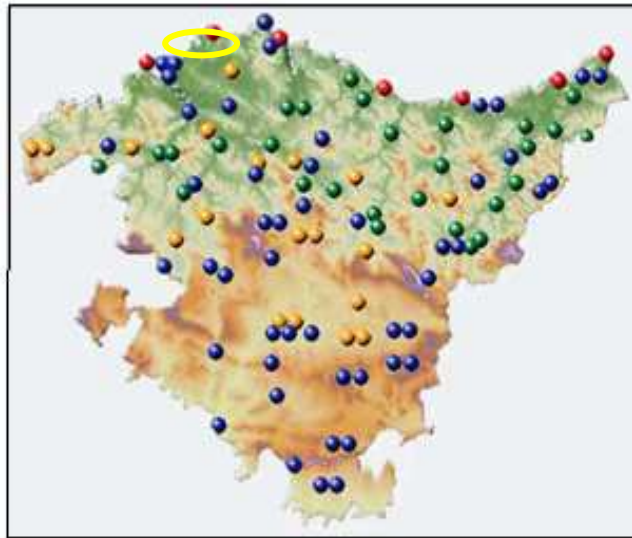


Imagen 01: Mapa de la red de estaciones meteorológicas de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Imagen extraída de la página Web de Euskalmet – Agencia Vasca de meteorología.

G069-ALMIKE (BERMEO)			
Ubicación		Datos Generales	
Provincia:	Vizcaya	Nombre Técnico:	Almike
Municipio:	Bermeo	Indicativo:	G069
Altitud (m):	106	Propietario:	D.M.C
Longitud:	02º 42' 31.	Tipo:	Meteorológica
Latitud:	43º 25' 24	Función desde:	09/12/2002 12:27:00

Tabla 03: Estación meteorológica automática de la red Hidrometeorológica del País Vasco, G069-ALMIKE (BERMEO).

Los parámetros climáticos que hemos considerado en el proceso de cálculo son cuatro: irradiación solar, temperatura ambiente, temperatura de agua de red y humedad. Véase tabla 04.

Almike (Bermeo)	Irradiación Solar [kJ/ m ²]	Temperatura Ambiente [°C]	Humedad [lb/lb]	Temperatura de Agua de Red [°C]
Enero	5400	11,3	0.746	9
Febrero	8900	12,4	0.687	10
Marzo	9500	11	0.761	10
Abril	16300	12,5	0.779	11
Mayo	19100	16	0,790	13
Junio	20900	17,6	0.851	15
Julio	21100	19,4	0.801	17
Agosto	18300	19,9	0.813	17
Septiembre	13400	18,1	0.796	16
Octubre	8900	15,2	0.794	14
Noviembre	4100	11,1	0.814	11
Diciembre	3700	9,2	0.843	10

Tabla 04: Valores medios mensuales de irradiación solar, temperatura ambiente, temperatura de agua de red y humedad, para el municipio vizcaíno de Bermeo durante el año 2008.

4. Cálculo de la demanda y el consumo de energía

Como ya hemos mencionado en capítulos anteriores, para la realización del presente proyecto nos hemos basado en una instalación solar térmica real, diseñada por un ingeniero del centro de investigación tecnológica CIDEMCO.

Dicha instalación fue construida en el año 2008 en un invernadero del municipio vizcaíno de Bermeo. Durante este periodo, tuvimos la oportunidad de establecer amistad con el propietario de la nave, quien nos proporcionó gran cantidad de información útil para la elaboración de nuestro proyecto, entre la que podemos destacar; el consumo de gasoil para calefacción del invernadero durante cada periodo de explotación de la nave.

Partiendo de la información proporcionado por dicha fuente, en el primer capítulo de este documento hemos calculado la demanda de agua caliente del invernadero. Véase tabla 05.

Periodo	Ciclo	Duración	Consumo de gasóleo C	Consumo de agua caliente
1	Primavera	28 días	320 litros	1861.04 litros/día
2	Otoño	28 días	800 litros	4656.52 litros/día

Tabla 05: Consumo total de gasoil para calefacción y consumo de agua diario del invernadero durante cada periodo de explotación de la nave

5. Selección de la orientación e inclinación de los captadores

Inicialmente, para definir la orientación e inclinación de los captadores solares hemos tomado como referencia la solución adoptada para una instalación solar térmica real, diseñada por un ingeniero del centro de investigación tecnológica CIDEMCO sin embargo, como veremos más adelante, hemos estudiado diferentes casos que nos han permitido mejorar la situación de partida.

Al igual que en la instalación de referencia, los captadores los orientaremos al Sur geográfico ya que independientemente de la inclinación, la orientación sur es la que consigue los valores máximos de irradiación solar global anual. Véase imagen 02.

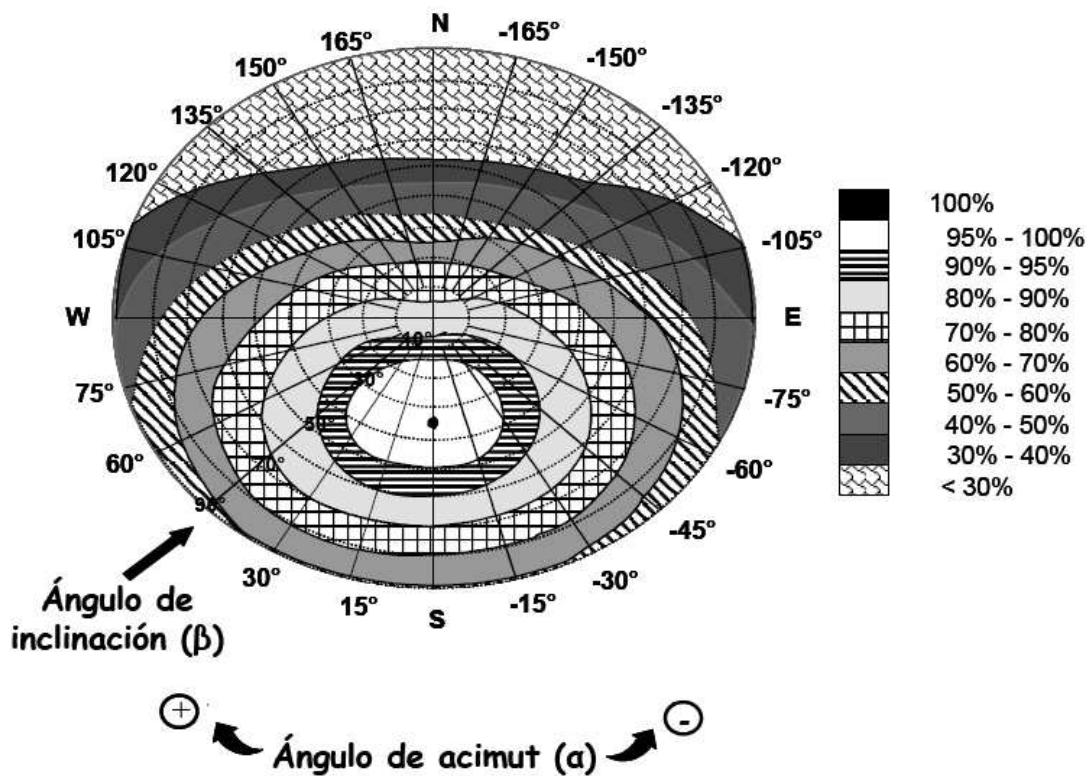


Imagen 02: Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE: Ahorro de energía.

En cuanto a la inclinación de los captadores, en un primer momento pensamos en adoptar la misma solución que para nuestra instalación de referencia cuya ángulo de inclinación era $\alpha = 50^\circ$ sin embargo, como veremos más adelante, finalmente nos decidimos por una opción diferente.

La Guía ASIT de la Energía Solar Térmica establece que, en función de la variación, a lo largo del año del consumo, éste puede ser anual constante, preferentemente estival ó preferentemente invernal.

1) El consumo es anual constante cuando no cambia a lo largo del año o cuando los valores medios diarios mensuales de consumo varíen menos de $\pm 25\%$ respecto del valor medio diario anual.

2) Se define una instalación solar de uso estival como aquella en la que el consumo de agua caliente durante al menos 4 meses de verano es superior en un 50% al valor medio anual.

3) Se define una instalación solar de uso invernal como aquella en la que el consumo de agua caliente durante al menos 4 meses de invierno es superior en un 50% al valor medio anual.

Según la Guía ASIT, por defecto, la inclinación de los captadores respecto al plano horizontal para los tres casos que acabamos de mencionar será:

- En instalaciones de uso anual constante: la latitud geográfica.
- En instalaciones de uso estival: la latitud geográfica – 10°.
- En instalaciones de uso invernal: la latitud geográfica + 10°.

Cabe destacar que, tanto la instalación que ha servido de referencia a nuestro proyecto, como la nuestra propia, no se adaptan a ninguna de estas tres opciones, ya que a que en ambos casos, la mayor demanda de energía tiene lugar en los meses de otoño.

Como hemos mencionado anteriormente, la inclinación de los captadores en nuestra instalación de referencia era de 50° respecto al plano horizontal, mientras que la latitud geográfica del invernadero era de 43° 23'. Entendemos que, a falta de una opción que se ajustase mejor al modelo de consumo de la instalación, y siendo la demanda más crítica en los meses previos al invierno se escogió la tercera opción, instalación solar de uso invernal, ya que era la que más se aproximaba a las características de consumo de la

instalación. Sin embargo, como veremos más adelante, en nuestro proyecto, nos decantaremos por una opción diferente, con el fin de mejorar las prestaciones de nuestra instalación.

6. Selección de los parámetros funcionales de la instalación

A continuación, indicamos los parámetros funcionales necesarios para definir el comportamiento térmico y las prestaciones de la instalación solar:

- A) Datos del sistema de captación.
- B) Datos del sistema de acumulación e intercambio.
- C) Datos del sistema de transporte.
- D) Datos del sistema de apoyo.

El funcionamiento de cada uno de los sistemas que componen la instalación solar y los diferentes componentes incluidos en cada sistema queda caracterizado y definido por el conjunto de parámetros cuyos valores cuantificamos en las siguientes tablas:

Sistema de captación		
Marca	Isofotón	
Modelo	ISOTHERM PLUS	
Tipo	Captador Solar Plano	
Número de captadores por batería	2	
Número de baterías	1	
Tipo de Conexión	Conexión en paralelo	
Superficie de absorción	2,205	m ²
Coefficiente de pérdidas térmicas	3.243	W/ m ² °C
Coefficiente óptico del captador	0,773	
Orientación	Sur	
Inclinación	50	Grados
Material de cubierta	Cristal	
Número de cubiertas	1	
Caudal recomendado	50	l/h m ²
Factor de ganancia	> 0.8	
Pérdida de carga asociada	< 3.5	
Modificador del ángulo de incidencia, <i>k50</i>	0.9 - 0.95	

Tabla 06: Datos del sistema de captación.

Sistema de acumulación		
Marca	Lomba	
Modelo	ALS150X	
Tipo	Acumulador	
Numero de acumuladores	1	
Ubicación	Interior	
Disposición	Vertical	
Volumen	150	l
Altura	1.120	mm
Diámetro	576	mm
Aislamiento	Espuma rígida de poliuretano	
K* Aislamiento	0,021	W/C
Recubrimiento exterior	Poliestireno/Skay	
K* Recubrimiento exterior	0,041 a 0,032	W/C

Tabla 07: Datos del sistema de acumulación.

Sistema de intercambio		
Marca	Roca	
Modelo	M 10H	
Tipo	Intercambiador de calor de placas	
Número de intercambiadores	1	
Tipo de fluido	Agua/ propilen glicol a 10%	
Pérdida de carga	< 3	m.c.a.
Potencia de intercambio	26.16	kW

Tabla 08: Datos del sistema de intercambio.

Sistema de transporte		
Caudal de diseño	50	l/h m ²
Tipo de tuberías	Tuberías de polietileno reticulado	
Diámetro interior	22	mm
Pérdidas de carga	< 40	m.c.a/m
K* Tubería de admisión	0,035	W/C
K* Tuberías de salida	0,035	W/C
Tipo de aislamiento	Coquillas de polietileno de célula cerrada	mm
Conductividad	0,035	W/ C
Longitud	2000	mm
Diámetro	< 35	mm
Espesor	20	mm
Potencia de bombas	1025	

* K. Coeficiente de transmisión de calor.

Tabla 09: Datos del sistema de transporte.

Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Calefactor por agua caliente	
Modelo	THG 62	
Energía	Gasóleo C	
Potencia	62	Kw.
Rendimiento	> 90%	
Capacidad	27,7	l

Tabla 10: Datos del sistema de apoyo.

7. Cálculo de las prestaciones de la instalación

Este cálculo tiene por objeto predecir y conocer el comportamiento térmico de la instalación solar para precalentamiento de agua que proyectamos ubicar en el municipio vizcaíno de Bermeo.

7.1. Método de cálculo utilizado

Para calcular el ahorro energético hemos utilizado un conocido programa informático de análisis y diseño de sistemas pasivos y activos de energía solar, *F-Chart Software*.

Este programa está basado en el método de las curvas f . El proceso de cálculo es adecuado en largas estimaciones y es ampliamente aceptado por su simplicidad de uso y rapidez de cálculo.

F-Chart Software, nos ha permitido actuar sobre distintas variables de la instalación solar: Datos climatológicos, necesidades de ACS, tipo de captador solar, tuberías, aislamiento térmico, etc. De esta forma, hemos podido definir adecuadamente las características de la instalación objeto de este proyecto.

Cabe destacar que este programa dispone de una amplia base de datos meteorológicos de las diferentes capitales provinciales de todo el mundo. Sin embargo, también nos ofrece la posibilidad, como ha sido el caso, de introducir nuestros propios datos meteorológicos. Los datos los hemos obtenido a través de Internet en Página Web de Euskalmet – Agencia Vasca de meteorología.

Una vez introducidos los diferentes datos el programa lleva a cabo la simulación de funcionamiento del sistema, proporcionándonos información detallada sobre las prestaciones de la instalación solar térmica. Véanse Tablas 12, 13 y 14.

7.2. Cálculo de las prestaciones de la instalación de referencia

Los datos de los parámetros introducidos para el cálculo en el f-Chart son:

Localización	Bermeo	
Volumen de agua/área Colector	68.02	l/ m ²
Fuel	Gasóleo	
Eficiencia de uso de combustible	90	%
Uso diario de agua caliente	Periodo 1: 1861.04 Periodo 2: 4656.52	l
Temperatura del agua	90	°C
Temperatura ambiente	25	°C
K* tanque de Acumulación	0,032	
Pérdida de calor de las tuberías	SI	
K* Tubería de admisión	0,035	W/C
K* Tuberías de salida	0,035	W/C

* K. Coeficiente de transmisión de calor.

Tabla 12: *Parámetros característicos del sistema solar térmico.*

Número de captadores solares	2	
Superficie de absorción	2.205	m ²
Coefficiente de pérdidas térmicas	3.243	W/m ² °C
Coefficiente óptico del captador	0,773	
Inclinación de los colectores	50	Grados
Azimut de los colectores	0	Grados
Cálculo de la modificación del ángulo de incidencia	Cristales	
Nº Cubiertas de cristal	1	
Caudal del colector/área	0.022	kg/segm ²
Calor específico del fluido caloportador	4,18	kJ/kg°C

Tabla 13: *Parámetros del captador solar térmico.*

	Solar [G/J]	Dhw [G/J]	Auxx [G/J]	Cobertura solar (%)
Abril	2.165	18.49	17.23	6.8
Septiembre	1.967	43.32	42.21	2.6
Octubre	1.628	45.97	45.11	1.9
PROMEDIO	1.92	35.92	34.85	3.7

Tabla 14: *Potencia térmica de nuestra instalación solar de referencia.*

El programa *F-Chart Software* nos ha permitido evaluar el comportamiento de la instalación que ha servido de referencia para la elaboración de este proyecto, y nos ha llevado a la conclusión de que llevando a cabo ajustes en la inclinación y modificando determinados parámetros funcionales es posible mejorar considerablemente las prestaciones de dicha instalación.

8. Ajuste de la inclinación y orientación de los captadores

Según el Código Técnico de la Edificación (CTE), la orientación en inclinación de los captadores solares se definirá como la solución de compromiso entre las máximas prestaciones energéticas y la mejor integración arquitectónica.

En este proyecto los criterios de integración arquitectónica permiten cualquier solución para el sistema de captación ya que, se plantea una integración de la instalación solar como construcción anexa y constructivamente independiente al invernadero.

Por lo tanto, a fin de mejorar las prestaciones energéticas de la instalación, hemos optado por una solución diferente a la de la instalación de referencia.

Por una parte, hemos mantenido la orientación Sur de los captadores solares ya que entendemos que independientemente de la inclinación, la orientación sur es la que consigue los valores máximos de irradiación solar global anual, maximizando el beneficio solar de nuestra instalación. Véase imagen 02.

Sin embargo, hemos modificado el grado de inclinación de los captadores solares, que en la instalación de referencia era de 50° , debido principalmente a lo que se explica a continuación:

Como ya hemos comentado en capítulos anteriores, el ángulo de inclinación de los colectores solares se determina teniendo en cuenta dos factores: la latitud geográfica y el periodo de utilización de la instalación solar térmica.

El invernadero en el que se proyecta construir la instalación solar tiene una latitud geográfica de $43^\circ 23'$.

Por otra parte, en cuanto a la utilización de la instalación solar podemos distinguir entre dos periodos de explotación del invernadero, que se reparten entre los meses de primavera y otoño. Véase Tabla 15.

Periodo	Ciclo	Consumo de gasóleo C	Consumo de agua caliente
1	Primavera	320 litros	1861.04 litros/día
2	Otoño	800 litros	4656.52 litros/día

Tabla 15: consumo de gasóleo C y agua caliente para cada periodo de explotación del invernadero.

El consumo de agua caliente durante los meses de otoño es superior en más de un 50% al valor medio anual.

El consumo total de agua caliente durante el periodo de explotación del invernadero lo obtenemos sumando el consumo de ambos periodos:

$$2861.04 + 4656.52 = 7517.56 \text{ litros}$$

Del valor anual de consumo de agua caliente obtendremos:

$$(7517.56 * 100) / 4656.52 = 61.94 \%$$

Por lo tanto, podemos definir la instalación como de uso preferentemente otoñal.

Las simulaciones de funcionamiento mediante ordenador, de la instalación solar térmica, que nos ha permitido llevar a cabo el programa informático *F-Chart Software*,

junto con las observaciones directas reflejan la importancia de la fracción difusa de la radiación total.

En consecuencia, hemos primado la absorción de la radiación difusa proporcionando a los captadores un ángulo de inclinación de $\alpha = 40^\circ$, ya que es esta la inclinación que nos permite obtener mayor grado de beneficio solar.

9. Modificación y ajuste de parámetros funcionales

La simulación de funcionamiento mediante ordenador, a través del programa f-Chart, nos ha permitido reproducir de forma teórica el funcionamiento de nuestro sistema solar, así como el de nuestra instalación de referencia. Gracias a esa simulación hemos podido constatar que al aumentar el volumen del depósito de acumulación mejoran considerablemente las prestaciones de nuestra instalación solar, de forma que hemos optado por aumentar el volumen en 150 litros, pasando de los 150 litros del acumulador de la instalación de referencia a 300 litros, del interacumulador que sustituiría al acumulador, para la nueva instalación. Véase tabla 16.

Sistema de acumulación e intercambio		
Marca	Lomba	
Modelo	ALS400X	
Tipo	Interacumulador Monoserpentín	
Numero de acumuladores	1	
Ubicación	Interior	
Disposición	Vertical	
Volumen	400	l
Altura	1.800	mm
Diámetro	680	mm
Aislamiento	Espuma rígida de poliuretano	
K* Aislamiento	0,021	W/C
Recubrimiento exterior	Poliestireno/Skay	
K* Recubrimiento exterior	0,041 a 0,032	W/C
Tipo de intercambiador	Monoserpentín	
Superficie de intercambio	1.8	m ²
Potencia en continua 80/60 -10/45 °C	45-1.100	kW- l/h

* K. Coeficiente de transmisión de calor.

Tabla 16: Datos del sistema de acumulación e intercambio.

10. Elección de la combinación de interacumulador e inclinación de los colectores solares

En este capítulo hemos calculado la contribución solar de la instalación para diferentes combinaciones de volumen de interacumulador e inclinación de los colectores solares. Véase tabla 17.

De todas las combinaciones estudiadas hemos escogido la siguiente:

1) Volumen de interacumulador 350 litros e inclinación de los colectores 35°.

	150 l		200 l		250 l		300 l	
25°	NO ESTUDIADO		ABRIL	0.075	ABRIL	0.076	ABRIL	0.077
			OCTUBRE	0.017	OCTUBRE	0.018	OCTUBRE	0.018
			NOVIEMBRE	0.004	NOVIEMBRE	0.004	NOVIEMBRE	0.005
			PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.033
30°	NO ESTUDIADO		ABRIL	0.075	ABRIL	0.076	ABRIL	0.077
			OCTUBRE	0.018	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.019
			NOVIEMBRE	0.004	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005
			PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.033	PROMEDIO	0.033
35°	ABRIL	0.073	ABRIL	0.074	ABRIL	0.074	ABRIL	0.075
	OCTUBRE	0.018	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.019
	NOVIEMBRE	0.004	NOVIEMBRE	0.004	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005
	PROMEDIO	0.031	PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.033
40°	ABRIL	0.071	ABRIL	0.073	ABRIL	0.074	ABRIL	0.075
	OCTUBRE	0.018	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.020
	NOVIEMBRE	0.004	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005
	PROMEDIO	0.031	PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.033
45°	ABRIL	0.070	ABRIL	0.071	ABRIL	0.072	ABRIL	0.073
	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.020
	NOVIEMBRE	0.004	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005
	PROMEDIO	0.031	PROMEDIO	0.031	PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.032
50°	ABRIL	0.068	ABRIL	0.069	ABRIL	0.070	ABRIL	0.071
	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.020
	NOVIEMBRE	0.004	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.006
	PROMEDIO	0.030	PROMEDIO	0.031	PROMEDIO	0.031	PROMEDIO	0.032

Tabla 17 (1 de 2): Cobertura solar para diferentes combinaciones de volumen de interacumulador e inclinación de colectores solares.

	350 l		400 l		450 l		500 l	
25°	ABRIL	0.077	ABRIL	0.078	NO ESTUDIADO		NO ESTUDIADO	
	OCTUBRE	0.018	OCTUBRE	0.019				
	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005				
	PROMEDIO	0.033	PROMEDIO	0.034				
30°	ABRIL	0.077	ABRIL	0.078	ABRIL	0.078	ABRIL	0.078
	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.019	OCTUBRE	0.020
	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006
	PROMEDIO	0.033	PROMEDIO	0.034	PROMEDIO	0.034	PROMEDIO	0.034
35°	ABRIL	0.077	ABRIL	0.077	ABRIL	0.077	ABRIL	0.078
	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.020
	NOVIEMBRE	0.005	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006
	PROMEDIO	0.034	PROMEDIO	0.034	PROMEDIO	0.034	PROMEDIO	0.034
40°	ABRIL	0.075	ABRIL	0.076	ABRIL	0.076	ABRIL	0.077
	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.021
	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006
	PROMEDIO	0.033	PROMEDIO	0.034	PROMEDIO	0.034	PROMEDIO	0.034
45°	ABRIL	0.074	ABRIL	0.074	ABRIL	0.075	ABRIL	0.075
	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.021	OCTUBRE	0.021	OCTUBRE	0.021
	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006
	PROMEDIO	0.033	PROMEDIO	0.033	PROMEDIO	0.034	PROMEDIO	0.034
50°	ABRIL	0.072	ABRIL	0.072	ABRIL	0.072	ABRIL	0.073
	OCTUBRE	0.020	OCTUBRE	0.021	OCTUBRE	0.021	OCTUBRE	0.021
	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006	NOVIEMBRE	0.006
	PROMEDIO	0.032	PROMEDIO	0.033	PROMEDIO	0.033	PROMEDIO	0.033

Tabla 17 (2 de 2): Cobertura solar para diferentes combinaciones de volumen de interacumulador e inclinación de colectores solares.

A continuación, hemos realizado el cálculo del porcentaje de energía térmica cubierto mediante captación de energía solar, tanto para nuestra instalación de referencia como para la nueva instalación. Véanse tabla 18 y 19.

En primer lugar, para obtener la demanda de energía del invernadero hemos partido de la siguiente expresión:

$$E_n = C_e * (T_s - T_e) * L/R$$

donde:

En: energía necesaria.

Ce: calor específico del fluido caloportador = 4.18 KJ/kg°C.

Ts: temperatura de salida del agua.

Te: temperatura de entrada del agua.

L: consumo de agua diario para cada periodo.

R: rendimiento de la caldera.

De esta forma hemos obtenido la energía necesaria para cada periodo:

ABRIL

OCTUBRE

NOVIEMBRE

$$En = Ce (Ts - Te) * L/R$$

$$En = Ce (Ts - Te) * L/R$$

$$En = Ce (Ts - Te) * L/R$$

$$En = 4.18 * (90 - 11) * \\ 1861.04/90$$

$$En = 4.18 * (90 - 14) * \\ 2328.26/90$$

$$En = 4.18 * (90 - 11) * \\ 2328.26/90$$

$$En = 6828.36 \text{ KJ/día.}$$

$$En = 8218.24 \text{ KJ/día.}$$

$$En = 8542.64 \text{ KJ/día.}$$

Tabla 18: Cálculo del porcentaje de energía térmica cubierto mediante captación de energía solar para nuestra instalación de referencia.

	Te* (°C)	Ts* (°C)	L* (litros/día)	R* (%)	En * (KJ/kg°C)	F *	Ep *	Eg *	Ep %
Abril	11	40	1861.04	90	6828.36	0.068	464.32	6364.04	6.79
Octubre	14	40	2328.26	90	8218.24	0.019	156.14	8062.10	1.89
Noviembre	11	40	2328.26	90	8542.64	0.004	34.17	8508.47	0.39
Promedio	12	40	2172.52	90	7863.08	0.03	218.21	7644.87	3.02

* Te: temperatura de entrada del agua.

* F: cobertura solar.

* Ts: temperatura de salida del agua.

* En: energía necesaria.

* L: consumo de agua diario para cada periodo.

* Ep: energía paneles.

* R: rendimiento de la caldera.

* Eg: energía gasoil.

Tabla 19: Cálculo del porcentaje de energía térmica cubierto mediante captación de energía solar para la instalación objeto de este proyecto.

	Te* (°C)	Ts* (°C)	L* (litros/día)	R* (%)	En * (KJ/kg°C)	F *	Ep *	Eg *	Ep %
Abril	11	40	1861.04	90	6828.36	0.077	525.78	6302.58	7.69
Octubre	14	40	2328.26	90	8218.24	0.020	164.36	8053.88	1.99
Noviembre	11	40	2328.26	90	8542.64	0.005	42.71	8499.93	0.49
TOTAL	12	40	2172.52	90	7863.08	0.034	244.28	7618.79	3.39

* Te: temperatura de entrada del agua.

* F: cobertura solar.

* Ts: temperatura de salida del agua.

* En: energía necesaria.

* L: consumo de agua diario para cada periodo.

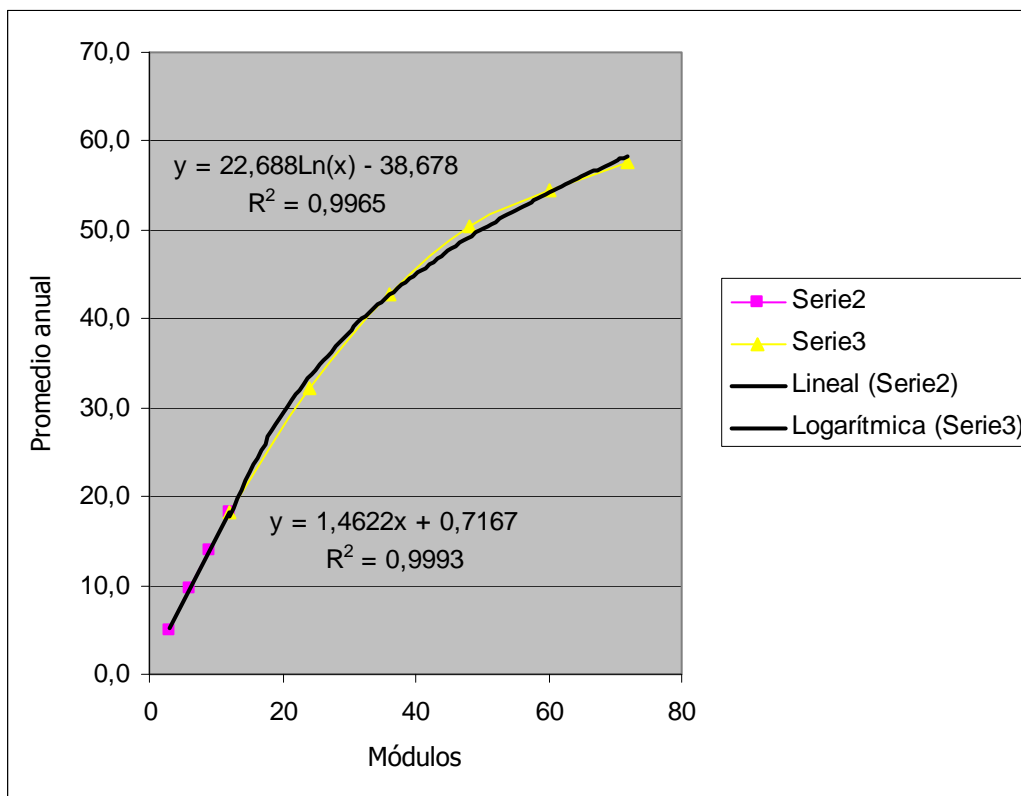
* Ep: energía paneles.

* R: rendimiento de la caldera.

* Eg: energía gasoil.

Tabla 20: Porcentaje de cobertura solar para distinto número de paneles.

Nº Captadores	3	6	9	12	24	36	48	60	72	84
Abril	11,1	21,9	31,6	40,6	69,5	88,8	100	100	100	100
Octubre	2,9	5,8	8,6	11,4	21,8	31,3	40	47,8	54,8	61,1
Noviembre	0,8	1,6	2,4	3,3	6,4	9,4	12,4	15,2	18	20,7
Año	5,0	9,8	14,2	18,4	32,6	43,2	50,8	54,3	59,0	60,6



En este gráfico podemos observar el siguiente patrón: al principio existe una relación lineal entre el aumento de la superficie captadora y el incremento del rendimiento de la instalación. Sin embargo, tras alcanzar un porcentaje de cobertura solar del 18,4 % esta relación deja de ser lineal y el incremento de rendimiento es menor con respecto al aumento del número de módulos.

Pamplona, abril de 2010

MIKEL NUÑEZ SANTOS

Ingeniero Técnico Agrícola

PRESUPUESTO

INSTALACIÓN DE SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA CALEFACCIÓN
DE INVERNADERO DE BERMEO

Índice

1. Cuadro de precios unitarios de materiales, mano de obra y elementos auxiliares.....	1
2. Presupuesto Parcial.....	1
1.1. Partida 1: material solar.....	1
1.2. Partida 2: material Hidráulico.....	1
1.3 Partida 3: material Aislante.....	4
1.4. Partida 4: instalación y puesta en marcha.....	4

1.5. Partida 5: transporte.....	4
1.6. Partida 6: otros.....	5
3. Presupuesto total.....	6
4. Resumen general del presupuesto.....	9

1. Cuadro de precios unitarios de materiales, mano de obra y elementos auxiliares.

Dada la simplicidad de las unidades de obra nuestro proyecto las hemos presupuestado sin descomponerlas. No hemos considerado necesario reflejar un cuadro de precios unitario de materiales, mano de obra y elementos auxiliares.

2. Presupuesto parcial

A continuación, procederemos a la cuantificación y valoración de los recursos a inmovilizar en la ejecución de este proyecto.

1.1. Partida 1: material solar

UD.	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (euros)	Nº DE UNIDADES	PRECIO TOTAL (euros)
Ud.	CAPTADOR SOLAR Captador solar Marca Isofotón, Modelo Isotherm Plus, con absorbedor tipo parrilla, cubierta transparente de vidrio templado de bajo contenido en hierro, aislante de lana de roca, y carcasa de aluminio anodizado; dimensiones totales 2278 x 1075 x 110 mm y 49,5 Kg de peso lleno de líquido e instalado.	489,00	2,000	978,00

Total partida 1: 978,00

1.2. Partida 2: material hidráulico

UD.	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (euros)	Nº DE UNIDADES	PRECIO TOTAL (euros)
Ud.	INTERACUMULADOR Interacumulador solar con serpentín de acero inoxidable AISI 316, Marca Lomba, Modelo ALS350X, con 350 litros de capacidad, configuración vertical, aislamiento de espuma rígida de poliuretano, recubrimiento exterior de poliestireno, con temperatura máxima de trabajo de 95º C e instalado.	670,50	1,000	670,50
Ud.	VASO DE EXPANSIÓN Vaso de expansión cerrado de 35 litros, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 110 ºC, conexión R ¾" e instalado.	47,49	1,000	47,49
Ud.	BOMBA DE CIRCULACIÓN Bomba de circulación para instalación de calefacción por agua caliente, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 110 ºC, con motor de rotor sumergido, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades de trabajo, juego de racores para la instalación, conexionado eléctrico e instalada.	179,54	2,000	359,08
Ud.	TUBERÍA POLIETILENO Ud. Tubería de polietileno reticulado por el método Engel (Peróxido) según Norma UNE-EN ISO 15875, de 20 x 1,9 mm de diámetro, instalada y funcionando según normativa vigente e instala.	4,06	10 metros	81,20
Ud.	TUEBERÍA DE COBRE Tubería de cobre de 22 mm de diámetro, marca HALCOR ó similar e instalada.	7.42	8 metros	59,36
Ud.	DIVERSO MATERIAL DE CONEXIONADO Set de Racores, uniones en TE, codos, manguitos y demás accesorios. Instalados.	60,00	-	60,00

Ud.	LIQUIDO ANTICONGELANTE Líquido anticongelante y anticorrosivo (propilen-glicol) para circuito solar térmico; bidón de 20 litros.	88,00	1,00	88,00
Ud.	VÁLVULA MEZCLADORA TERMOSTÁTICA Válvula mezcladora termostática de tres vías de 1", con carcasa y piezas interiores de latón, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 110 °C e instalada.	84.80	3,00	254.40
Ud.	VÁLVULA DE SEGURIDAD DE RESORTE Válvula de seguridad de resorte de 1", con cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido, obturador y vástago de acero inoxidable, prensa-estopas de latón, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 180 °C e instalada.	50.33	1,000	50.33
Ud.	VÁLVULA DE BOLA O DE ESFERA Válvula de esfera ó de bola de 1", con cuerpo de fundición, esfera y eje de acero inoxidable, asientos, estopada y juntas de teflón, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 180 °C e instalada.	9.36	8,000	74.88
Ud.	VÁLVULA DE RETENCION DE CLAPETA Válvula de retención de claveta de 1", con cuerpo y tapa de bronce ó latón, asiento y claveta de bronce, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 180 °C e instalada.	7.89	1,000	7.89
Ud.	PURGADOR AUTOMÁTICO DE AIRE Purgador para desaireación automática de aire, con junta resistente a altas temperaturas y a los productos anticongelante, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 110 °C e instalado.	4,50	1,000	4,50
Ud.	MANÓMETRO Manómetro para el control de la presión, instalación en tubería, con escala de 0 a 15 bar e instalado.	17.500	1,000	17,50
Ud.	TERMÓMETRO DE ESFERA	2.400	2,000	4,80

Total Partida 2: 1779,93

1.3. Partida 3: material aislante

UD.	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (euros)	Nº DE UNIDADES	PRECIO TOTAL (euros)
Ud.	AÍSLAMIENTO Aislamiento térmico de tuberías calientes, con espuma de polietileno, Marca Armaflex, para tubo de 1" de diámetro y de 20mm de espesor, colocado superficialmente. Instalado.	9,20	16	147.2
Ud.	PINTURA ARMAFINISH	4,21	3 litros	12.64
Ud.	ADHESIVO ARMAFLEX	10	2 litros	20

Total Partida 3: 159.84

1.4. Partida 4: instalación y puesta en marcha

UD.	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (euros)	Nº DE UNIDADES	PRECIO TOTAL (euros)
Ud.	MANO DE OBRA	50	4	200
Ud.	SOLERA DE HORMIGÓN PARA SUJECCIÓN ESTRUCTURA DE SOPORTE	120		120

Total partida 4: 320,00

1.5. Partida 5: transporte

UD.	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (euros)	Nº DE UNIDADES	PRECIO TOTAL (euros)
Ud.	TRANSPORTE	100		100

Total Partida 5: 100,00

1.6. Partida 6: otros

UD.	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (euros)	Nº DE UNIDADES	PRECIO TOTAL (euros)
P.A.	ESTRUCTURA DE SOPORTE Estructura de soporte para el campo de captación en acero galvanizado con tratamiento para exteriores e instalada.	413,00	1,000	413,00

Total Partida 6: 413,00

3. Presupuesto total

Presupuesto Nº:	000/000	Fecha:	13-abr-2010	Hoja Nº:	1
------------------------	---------	---------------	-------------	-----------------	---

UD.	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (euros)	Nº DE UNIDADES	PRECIO TOTAL (euros)
Ud.	CAPTADOR SOLAR Captador solar Marca Isofotón, Modelo Isotherm Plus, con absorbedor tipo parrilla, cubierta transparente de vidrio templado de bajo contenido en hierro, aislante de lana de roca, y carcasa de aluminio anodizado; dimensiones totales 2278 x 1075 x 110 mm y 49,5 Kg de peso lleno de líquido e	489,00	2,000	978,00

	instalado.			
Ud.	INTERACUMULADOR Interacumulador solar con serpentín de acero inoxidable AISI 316, Marca Lomba, Modelo ALS350X, con 350 litros de capacidad, configuración vertical, aislamiento de espuma rígida de poliuretano, recubrimiento exterior de poliestireno, con temperatura máxima de trabajo de 95° C e instalado.	670, 50	1,000	670,00
P.A.	ESTRUCTURA DE SOPORTE Estructura de soporte para el campo de captación en acero galvanizado con tratamiento para exteriores e instalada.	413,00	1,000	413,00
Ud.	VASO DE EXPANSIÓN Vaso de expansión cerrado de 35 litros, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 110 °C, conexión R ¾" e instalado.	47.49	1,000	47.49
Ud.	DIVERSO MATERIAL DE CONEXIONADO Set de Racores, uniones en TE, codos, manguitos y demás accesorios.	60,00	-	60,00
Ud.	CIRCULADOR ACS Circulador para instalación de calefacción por agua caliente, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 110 °C, con motor de rotor sumergido, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades de trabajo, juego de racores para la instalación, conexionado eléctrico e instalado.	179,54	2,000	359,08
Ud.	TUBERÍA POLIETILENO Ud. Tubería de polietileno reticulado por el método Engel (Peróxido) según Norma UNE-EN ISO 15875, de 20 x 1,9 mm de diámetro, instalada y funcionando según normativa vigente e instalada.	4,06	10 metros	81,20
Ud.	TUBERÍA DE COBRE Tubería de cobre de 22 mm de diámetro, marca HALCOR ó similar e instalada.	7.42	8 metros	59,36
Ud.	AÍSLAMIENTO			

	Aislamiento térmico de tuberías calientes, con espuma de polietileno, Marca Armaflex, para tubo de 1" de diámetro y de 20mm de espesor, colocado superficialmente e instalado.	9,20	16	147.2
Ud.	LIQUIDO ANTICONGELANTE Líquido anticongelante (propileno-glicol) que ofrece protección de las tuberías con efecto anticorrosivo, bidón de 20 litros.	88,00	1,00	88,00
Ud.	VÁLVULA MEZCLADORA TERMOSTÁTICA Válvula mezcladora termostática de tres vías de 1", con carcasa y piezas interiores de latón, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 110 °C e instalada.	84.80	3,00	254.40
Ud.	TERMÓMETRO DE ESFERA	2.400	2,000	4,80
Ud.	VÁLVULA DE SEGURIDAD DE RESORTE Válvula de seguridad de resorte de 1", con cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido, obturador y vástago de acero inoxidable, prensa-estopas de latón, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 180 °C e instalada.	50.33	1,000	50.33
Ud.	VÁLVULA DE BOLA O DE ESFERA Válvula de esfera ó de bola de 1", con cuerpo de fundición, esfera y eje de acero inoxidable, asientos, estopada y juntas de teflón, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 180 °C e instalada.	9.36	8,000	74.88
Ud.	VÁLVULA DE RETENCION DE CLAPETA Válvula de retención de claveta de 1", con cuerpo y tapa de bronce ó latón, asiento y claveta de bronce, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 180 °C e instalada.	7.89	1,000	7.89
Ud.	PURGADOR AUTOMÁTICO DE AIRE Purgador para desaireación automática de aire, con junta resistente a altas temperaturas y a los productos anticongelante, con presión y temperatura máxima de 10 bar y 110 °C e instalado.	4,50	1,000	4,50

Ud.	MANÓMETRO Manómetro para el control de la presión, instalación en tubería, con escala de 0 a 15 bar e instalado	5,46	1,000	5,46
		TOTAL		3850,77
		I.V.A. (16%)		616,12
		Gastos generales (9%)		346,56
		TOTAL PRESUPUESTO (euros)		4813,45

4. Resumen general del presupuesto

Partida 1: Material Solar.....	978,00 €
Partida 2: Material Hidráulico.....	1779,93 €
Partida 3: Material Aislante.....	159,84 €
Partida 4: Instalación y puesta en marcha.....	420,00 €
Partida 5: Transporte.....	100,00 €
Partida 6: Otros.....	413, 00 €
Total partidas.....	3850,77 €
Gastos Generales (9%).....	346, 56 €
I.V.A. (16%).....	616,12 €
TOTAL.....	4813, 45 €

Pamplona, abril de 2010

MIKEL NUÑEZ SANTOS

Ingeniero Técnico Agrícola

