

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA
LA GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) Y CALEFACCIÓN
DEL HOTEL GRAND HOUSE EN BOGOTÁ.**

ANA MILENA SÁNCHEZ OLIVEROS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
PROGRAMA DE INGENIERIA EN ENERGIA
BUCARAMANGA
2013**

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA
LA GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) Y CALEFACCIÓN
DEL HOTEL GRAND HOUSE EN BOGOTÁ.**

ANA MILENA SANCHEZ OLIVEROS

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
en Energía**

**Director:
Cesar Giovanni Acevedo Arenas**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
PROGRAMA DE INGENIERIA EN ENERGIA
BUCARAMANGA
2013**

Nota de aceptación

Evaluador

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	14
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. MARCO TEÓRICO	17
Capítulo 1.	17
2.1 GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) Y CALEFACCIÓN.	17
2.2 SISTEMA SOLAR TÉRMICO	18
2.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA ACS.	20
2.3.1 Sistema de captación	20
2.3.2 Sistema de acumulación	26
2.3.3 Sistema de intercambio	29
2.4 CÁLCULO DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS.	37
2.4.1 Temperaturas de uso y de preparación.	37
2.4.2 Cálculo de la demanda de energía.	38
2.4.3 Cálculo del consumo de energía térmica.	39
2.4.4 Cálculo del consumo energía convencional.	39
2.5 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SST	40
2.5.1 Parámetros de la instalación.	40
2.5.2 Fracción solar	40
2.5.3 Método de cálculo del rendimiento medio	41
2.6 CALEFACCIÓN	42
2.6.1 Calefacción según el fluido caloportador.	44
2.6.1.1 Calefacción por aire.	44
2.6.1.2 Calefacción por agua.	44
2.6.2 Elementos componentes de las instalaciones de calefacción	45
2.6.2.1 Generadores de calor. Calderas.	45
2.6.2.3 Quemadores.	45

2.6.2.4 Tuberías.	45
2.6.2.5 Aislamiento térmico.	48
2.6.3 Elementos emisores de calor.	49
2.6.4 Funcionamiento de los radiadores.	51
2.6.5 Elementos complementarios y accesorios.	51
2.6.6 Circuitos característicos de distribución por agua caliente.	54
2.6.7 Ubicación de los radiadores.	60
2.6.8 Conductancias.	62
Capítulo 2.	68
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	68
3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.	68
3.3 INFRAESTRUCTURA.	69
3.4 CONSUMO SISTEMA PROPUESTO.	70
3.5 DIMENSIONAMIENTO DE BOSCH.	73
3.6.1 Necesidades.	77
3.6.2 Edificio.	78
3.6.3 Modulo calentador.	79
3.6.4 Regulación de la calefacción.	80
3.6.5 Regulación de la calefacción auxiliar. (Control caldera).	81
3.6.6 Caldera.	82
3.6.7 Deposito acumulador solar.	83
3.6.8 Colector.	84
3.7 INFORME PROFESIONAL Simulacion en Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation.	90
3.8 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.	98
3.8.1 Seguridad de funcionamiento.	99
3.8.2 Descripción del funcionamiento.	99
3.9 SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO.	100
3.10 DIMENSIONAMIENTO DEL ÁREA COLECTORA.	101
3.11 DATOS CLAVES DEL SISTEMA PROPUESTO <i>*Datos tomados del informe profesional</i>	101
3.12 FRACCIÓN SOLAR DEL SISTEMA PROPUESTO.	102

Capítulo 3.....	103
EQUIPOS Y TECNOLOGÍAS PARA EL SISTEMA SOLAR TÉRMICO Y DE CALEFACCIÓN	103
4.1 EQUIPOS PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN	115
4.1.1 EL RADIADOR MÁS RAPIDO Y MÁS CONTROLABLE	117
4.1.2 COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE RESPUESTA A LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA	117
4.1.3 LOW H ₂ O CON DBE.....	118
4.1.4 RADIADOR JAGA. REFERENCIA BRISE	119
4.1.5 CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE RADIADORES.....	122
Capítulo 4.....	125
COSTOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO Y DE CALEFACCIÓN	125
5.1 COSTOS DEL PROYECTO.....	125
Capítulo 5.....	129
VIABILIDAD FINANCIERA DEL SISTEMA DE REFERENCIA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA PROPUESTO.....	129
6.1. SISTEMA CONVENCIONAL DE REFERENCIA.....	129
6.2 CALCULO AHORROS ANUALES SISTEMA PROPUESTO Y CONVENCIONAL.....	130
6.3 EXPLICACIÓN GRÁFICA Y CÁLCULO DE LOS AHORROS ANUALES.....	131
6.4 COMPARACIÓN GASTOS EN COMBUSTIBLES SISTEMA CONVENCIONAL Y PROPUESTO.	134
6.5 AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO.....	136
CONCLUSIONES.....	140

FIGURAS

Capítulo 1. Base teórica.

- Figura 1.1. Denominación de los sistemas de una instalación solar.
- Figura 1.2. Colector solar térmico.
- Figura 1.3. Balance energético del colector solar.
- Figura 1.4. Curva de eficiencia de diferentes tipos de colectores.
- Figura 1.5. Influencia del tamaño de la acumulación en el rendimiento global.
- Figura 1.6. Intercambiador de calor de placas.
- Figura 1.7. Bomba de circulación.
- Figura 1.8. Tanque de expansión.
- Figura 1.9. Válvula de esfera o bola.
- Figura 1.10. Válvula de seguridad de escape conducido
- Figura 1.11. Válvulas de retención o antirretorno.
- Figura 1.12. Válvula de equilibrado.
- Figura 1.13. Válvula de tres vías.
- Figura 1.14. Válvula mezcladora termostática.
- Figura 1.15. Purgador automático de aire.
- Figura 1.16. Purgador manual y automático
- Figura 1.17. Circuito monotubo
- Figura 1.18. Sistema monotubo
- Figura 1.19. Tipo de instalaciones bitubo
- Figura 1.20. Sistema bitubo
- Figura 1.21. Formas de conexión de la entrada y la salida del agua
- Figura 1.22. Enlace detentor
- Figura 1.23. Válvula y enlace detentor en el sistema.
- Figura 1.24. Válvulas de radiador termostizables con caperuza de protección
- Figura 1.25. Distribución de temperaturas según ubicación de los radiadores.
- Figura 1.26. Reducción de la emisión de calor de los radiadores según la forma de colocación de los mismos.
- Figura 1.27. Transmisión de calor en un elemento constructivo simple.

Capítulo 2. Descripción del proyecto.

- Figura 2.1. Localización del proyecto
- Figura 2.2. Ubicación de la instalación
- Figura 2.3. Mapa
- Figura 2.4. Carpetas del proyecto, de las variantes y de los modelos.
- Figura 2.5. Edificio
- Figura 2.6. Módulo calentador
- Figura 2.7. Regulación de la calefacción
- Figura 2.8. Regulación de la calefacción auxiliar
- Figura 2.9. Caldera

Figura 2.10. Deposito acumulador solar
Figura 2.11. Colector
Figura 2.12. Resultados
Figura 2.13. Así ataca la *Legionella*
Figura 2.14. Diseño del sistema
Figura 2.15. Sistema de control y monitoreo
Figura 2.16. Fracción solar.

Capítulo 3. Equipos y tecnologías para el sistema solar térmico y de calefacción

Figura 3.1. Componentes del radiador Jagga.
Figura 3.2. Formas de instalación Radiador Jagga. Referencia Brise
Figura 3.3. Funcionamiento del radiador Jagga. Referencia Brise.

Capítulo 5. Viabilidad financiera del sistema de referencia convencional y el sistema propuesto

Figura 5.1. Ahorros generados por el sistema propuesto (Solar térmico +Caldera auxiliar)
Figura 5.2. Grafica gastos anuales en combustible sistema convencional y propuesto.
Figura 5.3. Amortización del proyecto.

TABLAS

Capítulo 1. Base teórica.

Tabla 1.1. Elementos del sistema solar térmico.

Tabla 1.2. Circuitos hidráulicos del sistema solar térmico.

Tabla 1.3. Sistemas básicos

Tabla 1.4. Criterio de clasificación según el sistema de calefacción.

Tabla 1.5. Tuberías de aplicación en instalaciones individuales de calefacción y ACS

Tabla 1.6. Clases de aplicación de tuberías termoplásticas, en función de las temperaturas de trabajo.

Tabla 1.7. Series comerciales para los distintos tipos de tuberías termoplásticas según la clase y la presión de trabajo.

Tabla 1.8. Espesores mínimos de aislamientos de las tuberías.

Tabla 1.9. Resistencia térmica superficial del aire (convección, $R=1/h$) en $m^2h^{\circ}C/kcal$ ($m^2^{\circ}C/W$)

Tabla 1.10. Conductividad térmica para materiales constructivos

Capítulo 2. Descripción del proyecto.

Tabla 2.1. Demanda de referencia a 45°C

Capítulo 5. Viabilidad financiera del sistema de referencia convencional y el sistema propuesto

Tabla 5.1. Cálculo de porcentaje de ahorro anualmente

ABREVIATURAS

ACS	Agua Caliente Sanitaria
PCI	Poder Calorífico Inferior
Ac	Superficie de captación necesaria
FS	Fracción Solar
SST	Sistema Solar Térmico

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidades
T	Temperatura	[K]
P	Presión	[kPa]
m_{COL}	Caudal másico	
C_p	Calor específico	[J*kg ⁻¹ *K ⁻¹]
T_s	Temperatura de salida	[°C]
T_e	Temperatura de entrada	[°C]
A	Área	[m ²]
n	Rendimiento del colector	
A_{COL}	La superficie o área útil del colector	[m ²]
G_{REF}	La irradiancia total sobre la superficie del colector	[W/m ²]
C_o	Rendimiento	
$C_1 C_2$	Factores de pérdida	
V	Volumen de acumulación	
e_{min}	Espesor mínimo de aislamiento	[mm]
λ	Conductividad térmica	[W/mK]
Q_p	Caudal de preparación	[m ³ /día]

Superíndices

* Condiciones críticas

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA LA GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) Y CALEFACCIÓN DEL HOTEL GRAND HOUSE EN BOGOTÁ.

AUTOR: ANA MILENA SANCHEZ OLIVEROS

PALABRAS CLAVES: ACS, CALEFACCIÓN, POLYSUN, SISTEMA SOLAR TÉRMICO.

DESCRIPCION: El proyecto de investigación se enfocó en un análisis técnico económico de un sistema solar térmico para la generación de agua caliente sanitaria y calefacción, por medio de un diseño y dimensionamiento de una instalación solar térmica para producir agua caliente sanitaria (ACS) y así cubrir la demanda energética para calefactar los usuarios del Hotel Grand House Bogotá.

La primera parte del proyecto es una investigación de aspectos técnicos, parámetros de funcionamiento y operación de un sistema solar térmico para la generación de agua caliente y calefacción. Así mismo se realizó un análisis de la situación actual del hotel en cuanto a la demanda de ACS y energía que se produce ya sea para una ocupación máxima o promedio.

Lo anterior se debe tener en cuenta para el proceso de simulación por medio de Polysun, simulador para el dimensionamiento de sistemas solares térmicos, ya que con los datos suministrados por el hotel se realizó un análisis del ahorro que se conseguirá con la implementación del sistema así como un previo diseño de la instalación solar.

En una segunda parte se realizaron los cálculos energéticos necesarios para utilizar la radiación solar y así poder abastecer la demanda energética para la generación de ACS y calefacción del hotel. Teniendo en cuenta los diferentes equipos y tecnologías que componen el sistema solar térmico.

Seguido del dimensionamiento del sistema, es importante realizar un análisis financiero comparativo entre un sistema convencional y el sistema solar térmico ya que se deben tener en cuenta los ahorros anuales que genera el sistema propuesto, el tiempo de recuperación de la inversión, el consumo de combustible de uno de los sistemas y de igual manera otros factores que influyen para resaltar las ventajas del sistema propuesto en comparación con el convencional.

El desarrollo del proyecto se propone en tres etapas: Inicialmente se estudia y analiza el funcionamiento del sistema solar térmico, para lo cual se analizó el funcionamiento del sistema utilizando Polysun, software que arroja el consumo total de la energía eléctrica/combustible del sistema y la fracción solar que aporta al sistema para la producción de agua caliente y calefacción. Posteriormente el estudio económico de un sistema convencional y sistema solar térmico propuesto teniendo en cuenta los costos del proyecto, inversión del proyecto de referencia y propuesto, gastos del combustible, ahorros anuales del sistema y los ahorros generados del sistema propuesto en comparación con el sistema de referencia. Por medio de lo anterior se busca estudiar las variables y condiciones de operación del sistema con el objeto de determinar los escenarios a los cuales se puede conseguir la mayor eficiencia energética y determinar los parámetros de diseño.

INTRODUCCION

El sector de la energía comprende todas las actividades de estudio, exploración, explotación, generación, transmisión, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, uso eficiente, importación y exportación. Además, incluye cualquier otra acción que corresponda a la electricidad, carbón, gas, petróleo y derivados, energía nuclear, geotérmica y solar y cualquier otra fuente de energía.

Dentro de este ámbito general, el rol de las energías renovables tiene un papel muy importante en especial las denominadas no convencionales. Aprovechando la energía solar que ha surgido ante la progresiva búsqueda en minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, se busca hacer uso de esta para el calentamiento de agua caliente sanitaria y el suministro de calefacción, para así minimizar gastos de combustible y contribuir a la reducción de emisiones de CO₂ y demás gases que provocan el cambio climático en el planeta.

Este trabajo estudia una alternativa de ahorro tanto energético como económico por medio de un sistema solar térmico para la generación de agua caliente sanitaria y calefacción para el Hotel Grand House en Bogotá.

En la actualidad el Hotel Grand House en Bogotá tiene una demanda promedio diaria de agua caliente de 6,476 m³ y una demanda máxima de 9,658 m³/día para las instalaciones a una temperatura constante de 55 °C durante veinticuatro (24) horas, siete (07) días de la semana. Lo cual implica un consumo de gas natural de 14,661 m³/año con un costo anual de \$14.661.324.

Con el fin de reducir sus costos energéticos se propone un estudio de posibilidades de producción de calor para la generación de ACS a partir de la implementación de un sistema solar térmico. Este sistema esta dimensionado para el caso de ocupación promedio, así se evita un sobredimensionamiento del sistema que puede generar aparte de desventajas económicas, exceso de generación de energía. En caso de una ocupación máxima, la caldera esta dimensionada adecuadamente para abastecer la necesidad.

Por medio de un sistema de calefacción sostenible se busca la emisión de calor, complementado del ahorro energético de calderas y bombas de calor eficientes. Se Plantea instalar para el hotel un sistema de calefacción cuya necesidad de calor se ha suministrado por medio de un sistema de calderas siendo complementado con el uso de la energía solar. Con el fin de utilizar el mismo

sistema de calderas para ambos usos: ACS y Calefacción. Se busca llegar a una simultaneidad de calefacción de habitaciones en un 70%, como su nivel máximo, siempre y cuando no haya una necesidad de agua caliente ya que el sistema está diseñado de tal manera que el ACS tenga prioridad.

De acuerdo a lo anterior, este proyecto es una propuesta a la contribución del desarrollo de la energía solar, en el cual se busca mejorar las capacidades de diseño e instalación de un sistema solar térmico para agua caliente sanitaria y así mismo para calefacción por medio simulaciones y diseños del sistema que está basado en datos meteorológicos y geológicos, lo que permite tener confiabilidad en el dimensionamiento del sistema solar térmico, de acuerdo al lugar exacto de ubicación del mismo. La simulación se lleva a cabo por software internacionalmente reconocido y permite establecer un cálculo que presenta la amortización del sistema y los ahorros anuales de combustibles, emisiones de CO₂ y monetarios.

1. OBJETIVOS

Realizar una evaluación técnico-económica de la implementación de un sistema solar térmico para la generación de ACS y calefacción para el Hotel Grand House en Bogotá.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tras el desarrollo del proyecto se espera

- Evaluar el consumo actual del Hotel Grand House de acuerdo a las necesidades de ACS a partir de las áreas de consumo.
- Evaluar el potencial energético del recurso solar de acuerdo al área del Hotel Grand House.
- Dimensionar el sistema de captación, acumulación y distribución de ACS por medio del software Polysun.
- Seleccionar equipos y tecnologías para el sistema solar térmico y de calefacción para el Hotel Grand House.
- Estimar costos y beneficios para la instalación del sistema solar térmico y de calefacción para el Hotel Grand House.
- Comparar la viabilidad financiera del sistema de referencia convencional y el sistema propuesto para el Hotel Grand House.
- Propuesta técnico-económica del sistema solar térmico y de calefacción por parte de GIE S.A.S al Hotel Grand House.

2. MARCO TEÓRICO

Capítulo 1.

2.1 GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) Y CALEFACCIÓN.

El sol nos regala su energía en forma de luz y calor. Hoy, una tecnología establecida, eficiente y no contaminante nos permite utilizarlo para iluminar y calentar nuestras casas y negocios reduciendo los consumos energéticos para la producción de agua caliente sanitaria, la calefacción, el calentamiento y la climatización. Su utilización se justifica no sólo en el ahorro energético y la rentabilidad del usuario sino que además contribuye al bien común: la mejora de la calidad del aire de las ciudades y del país; la rentabilidad macroeconómica por el uso de recursos propios, la generación de riqueza interna y de empleos, y la reducción de la dependencia energética externa

El objetivo básico del diseño de un sistema de aprovechamiento solar ha de ser el de suministrar al usuario una instalación solar que, dentro de las restricciones de costes:

- Maximice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- Garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- Garantice un uso seguro de la instalación.

Para maximizar el ahorro energético y dado que los colectores solares tienen mejor rendimiento trabajando a bajas temperaturas, es recomendable la conexión entre el sistema solar y el sistema de apoyo convencional de tal manera que el sistema solar siempre trabaje a la temperatura más baja posible. Esto nos llevará a conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo y siempre por delante de éste.

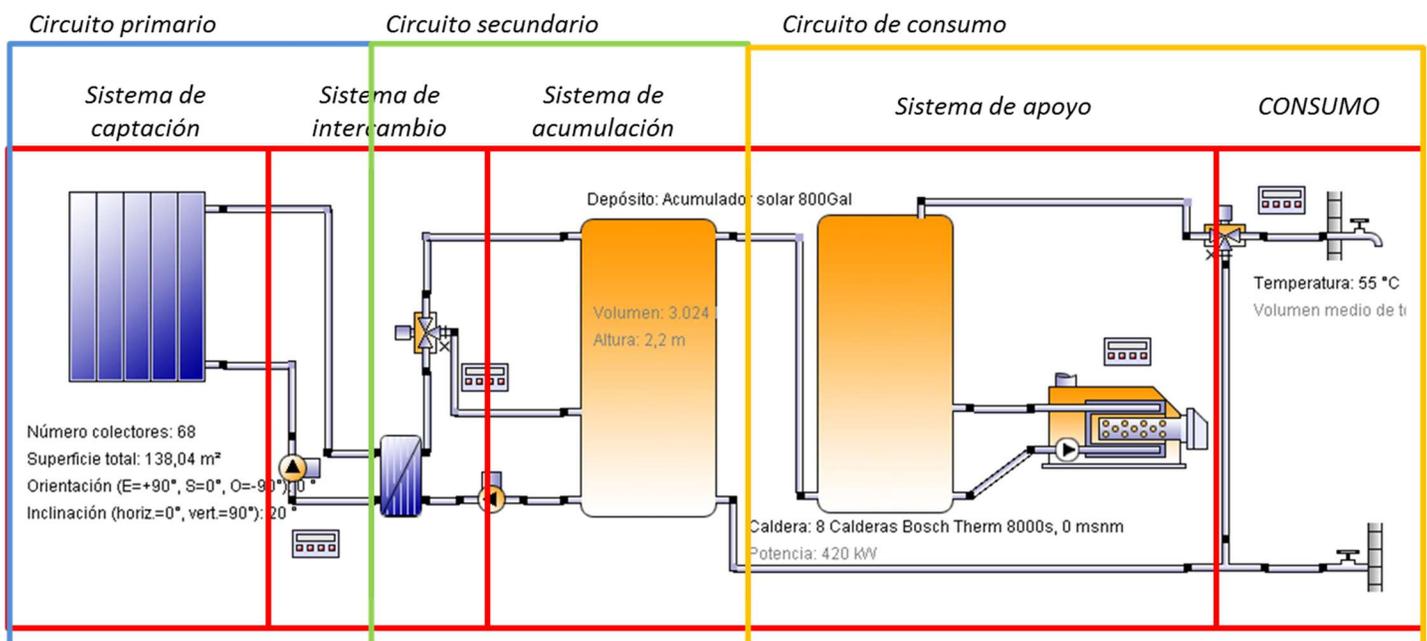
Antes de exponer el planteamiento del proyecto se debe tener en cuenta algunos conceptos fundamentales para poder comprender de la mejor manera la generación de ACS y calefacción.

2.2 SISTEMA SOLAR TÉRMICO

Un sistema solar térmico transforma la energía radiante emitida por el sol en energía térmica y la acumula, en forma de agua caliente, para pasar al sistema de apoyo antes de su posterior consumo. El sistema de apoyo, por su parte, es el encargado de cubrir las diferencias térmicas que el aporte solar no alcance a proveer al sistema.

En el esquema básico de funcionamiento de una instalación solar térmica para preparación de ACS, representado en la figura 1, pueden diferenciarse los siguientes sistemas:

Figura 1. Denominación de los sistemas de una instalación solar.



Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Tabla 1. Elementos del sistema solar térmico.

<i>Sistema de captación</i>	Encargado de captar y convertir la radiación solar en energía térmica aumentando la temperatura del fluido de trabajo.
<i>Sistema de intercambio</i>	Permite transferir el calor del fluido de trabajo que circula por el circuito primario, y el del circuito secundario.
<i>Sistema de acumulación</i>	Almacena la energía térmica producida en forma de agua para poder utilizarla en periodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción.
<i>Sistema de apoyo (auxiliar o respaldo)</i>	Complementa el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir el consumo previsto. En algunos aspectos, este sistema no se considera incluido en el SST.
<i>Red hidráulica</i>	Está constituido por todos los circuitos hidráulicos que son los conjuntos de cañerías, con su aislante, accesorios, bombas, válvulas, etc. Que interconectan los distintos sistemas y mediante la circulación de fluidos producen la transferencia de calor desde el sistema de captación hasta el consumo.
<i>Sistema eléctrico y de control</i>	Aplica las estrategias de funcionamiento y de protección organizando el arranque y parada de bombas, las posibles actuaciones de las válvulas de tres vías (si las hubiera) y cualquier otra actuación electromecánica que se prevea.

Fuente: ECA, INSTITUTO DE TÉCNOLOGÍA Y FORMACION. MENDEZ, Javier María. Energía solar térmica. FC Editorial, 2008

Asimismo, en el esquema básico (Figura 1) de la instalación se pueden distinguir tres circuitos hidráulicos distintos:

Tabla 1.2. Circuitos hidráulicos del sistema solar térmico.

<i>Circuito primario</i>	Permite la circulación del fluido a través de los colectores que recogen la energía térmica y la transporta hasta el intercambiador.
<i>Circuito secundario</i>	Recoge en el intercambiador la energía captada por el circuito primario y la transfiere al depósito de acumulación.
<i>Circuito de consumo</i>	Transporta agua potable de consumo y comprende desde la acometida de agua fría, pasando por los sistemas de acumulación y de apoyo, hasta la red de distribución que alimenta a los puntos de consumo.

Fuente: Autor

El movimiento de fluidos en los circuitos primario y secundario se realiza mediante bombas de circulación; en el circuito de consumo el agua circula con la apertura de los puntos de consumo gracias a la presión de la red de alimentación. El fluido de trabajo en los circuitos secundario y de consumo es siempre el agua potable.

2.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA ACS.

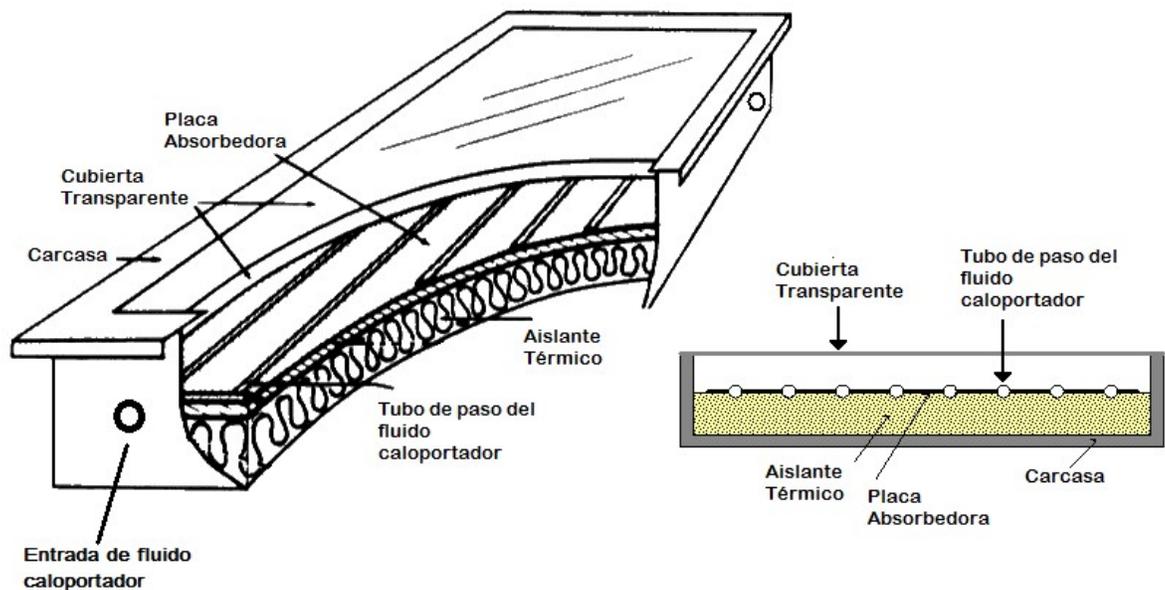
2.3.1 Sistema de captación

- **Colector solar térmico.** Es el dispositivo que transforma la radiación solar en energía térmica (calor); ésta se transfiere a un fluido caloportador (*fluido que transporta, por conducciones, calor de un lugar a otro*) aumentando su temperatura.

Es el principal componente del sistema de captación y el elemento más representativo de las instalaciones solares térmicas. Además de producir el calor de manera eficiente, el colector debe ser diseñado para soportar la continua exposición a condiciones exteriores tales como lluvia, nieve, granizo, polvo, etc. y para resistir las altas y bajas temperaturas a las que va a estar sometido.

Los elementos básicos del colector son la cubierta, que normalmente es de vidrio, y el absorbedor correspondiente a una placa plana, comúnmente metálica, que se calienta al recibir la radiación de sol que atraviesa la cubierta.

Figura 1.2 Colector solar térmico.



Fuente: GUIA DE ENERGIA SOLAR – CONCURSO SOLAR PADRE HIMALAYA. SPES – Sociedad Portuguesa da Energia Solar ARENA- Agência Regional da Energia da Região Autónoma dos Açores. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2007

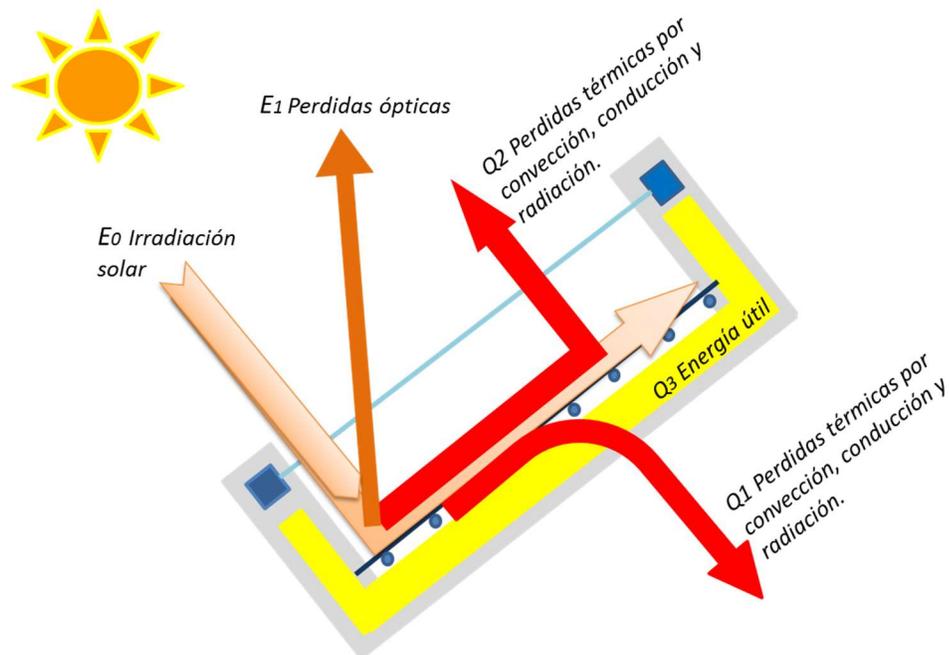
Incorporado o adosado al absorbedor, existe un circuito hidráulico por el que circula el fluido caloportador que se calienta por la transferencia de calor, por conducción, fenómeno que tiene lugar entre el absorbedor y el circuito del fluido. El aumento de la temperatura del fluido de trabajo es el efecto útil que se pretende conseguir, que a su vez hace disminuir la temperatura del absorbedor, producto de este proceso de transformación de calor.

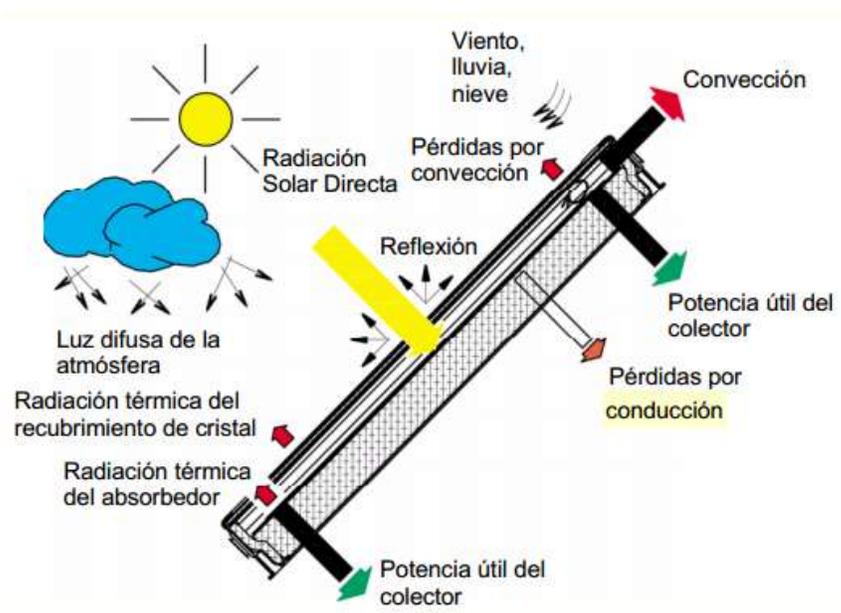
Debido a que el absorbedor, al calentarse, pierde también calor hacia el ambiente que lo rodea, y dado que el objetivo del colector es que el calor sólo sea extraído por el fluido caloportador, se dispone los medios necesarios para reducir todas las pérdidas térmicas por radiación, convección y conducción:

- (a) Con la cubierta, además de reducirse las pérdidas por radiación en el efecto invernadero, también se disminuyen las pérdidas por convección ya que evita el contacto directo del absorbedor con el aire ambiente.
- (b) Con el aislamiento, en la parte posterior y en los laterales del absorbedor, se reducen las pérdidas térmicas por conducción.

En definitiva, se establece un balance de energía en el colector que debe ser detalladamente analizado para conocer todos los procesos internos y los resultados globales de energía útil producida frente a la energía solar incidente.

Figura 1.3. Balance energético del colector solar.





Fuente: SISTEMAS SOLARES TERMICOS II. Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria. Programa de las naciones unidas para El Desarrollo (PNUD) Av. Dag Hammarskjold 3241, Vitacura, Chile.

- **Rendimiento del colector solar**

La potencia útil extraída del colector solar (POT_{COL}) se emplea en aumentar la temperatura del fluido caloportador de trabajo que circula por el absorbedor y puede expresarse de la siguiente manera:

$$POT_{COL} = m_{COL} * C_p * (T_S - T_E) = n * A_{COL} * G_{REF} \quad (1)$$

m_{COL} : El caudal másico que circula por el colector y es igual al caudal volumétrico por la densidad del fluido.

C_p : El calor específico a presión constante del fluido.

T_S : La temperatura de salida del colector (°C)

T_E : La temperatura de entrada del colector (°C)

n : El rendimiento del colector

A_{COL} : La superficie o área útil del colector. (m^2)

G_{REF} : La irradiancia total sobre la superficie del colector (W/m^2)

Despejando la expresión anterior, el rendimiento del colector puede definirse como la relación entre potencia térmica generada por unidad de área y la irradiancia solar incidente.

Por otro lado, el rendimiento del colector se calcula experimentalmente de los resultados del ensayo, por una aproximación matemática cuadrática del modelo físico real, según la expresión:

$$\eta = \eta_0 - k_1 * [(T_{in} - T_{amb})/G_{REF}] - k_2 * [(T_{in} - T_{amb})^2/G_{REF}] \quad (2)$$

Para calcular el rendimiento de un colector es necesario conocer la temperatura de entrada del fluido caloportador, la temperatura ambiente y la irradiancia sobre la superficie del colector.

Es importante señalar que la curva determinada experimentalmente en el ensayo de un colector, siempre está asociada al caudal de ensayo y a una superficie de referencia que normalmente es la de apertura.

Como caudal de ensayo, normalmente se utiliza el valor de 0,02 [kg/s_m²] (72 [kg/h_m²]) aunque el ensayo se puede realizar para cualquier otro valor que solicite el fabricante. [1]

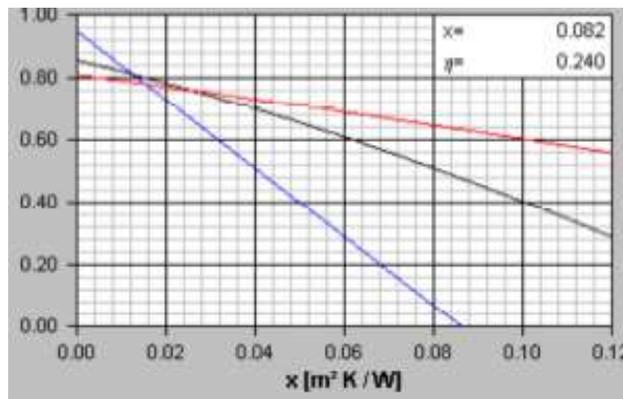
Hay tres categorías principales de colectores. Entre otras cosas, se diferencian por la curva de eficiencia.

- (a) Colectores planos vidriados (cubiertos): $c_0 = 0,75 - 0,85$, $c_1 = 3-6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- (b) Colectores tubulares: $c_0 = 0,65 - 0,80$, $c_1 = 1 - 2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- (c) Colectores planos no vidriados (sin cubierta): $c_0 = 0,90 - 0,95$, $c_1 = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$

c_0 es el rendimiento que se logra cuando la temperatura media del colector y la temperatura ambiente exterior son iguales. Este valor tendría que ser lo más alto posible. c_1 y c_2 son una combinación de los diferentes factores de pérdida. [2]

El gráfico presenta los modelos más eficaces de estos tres tipos de colectores:

Figura 1.4 Curva de eficiencia de diferentes tipos de colectores: Colectores planos sin vidrios (línea roja), colectores planos vidriados (línea negra), colectores tubulares (línea azul).



Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Caso proyecto. Para un colector plano vidriados cubierto (línea negra) circula un caudal de 6,476m³/día por el colector y la radiación global incidente es de 3.5 kWh/m², la temperatura de entrada es de 15°C y la de ambiente es de 21°C:

Rendimiento:

$$\eta = \eta_0 - k_1 * [(T_{in} - T_{amb})/G_{REF}] - k_2 * [(T_{in}-T_{amb})^2/G_{REF}]$$

$$\eta = 0,75 - 0,85 * [(15 - 21)/3500] - 0,025 * [(15-21)^2/3500]$$

$$\eta = 0,7517$$

- **Perdidas de carga**

La dependencia de la pérdida de carga del colector (PC_{COL}) con el caudal másico (m_{COL}) se determina experimentalmente en un ensayo que mide la caída de presión a través del colector en función del caudal de agua y que permite determinar los parámetros a1 y a2 de la función exponencial:

$$PC_{COL} = a_1 * m_{COL} + a_2 - m_{COL}^2 \quad (3)$$

- **Criterios de selección**

Los factores a considerar para la elaboración de criterios para la selección de un colector solar son:

1. La disponibilidad de un certificado del colector.
2. **Los resultados del ensayo:** fundamentalmente los parámetros de rendimiento del colector y la pérdida de carga.
3. **Los materiales que lo componen:** espesor y calidad de vidrio, materiales del absorbedor y su circuito hidráulico, formas de conexión exterior, características de aislamiento y materiales de la carcasa.
4. La facilidad para construir baterías de colectores y los tipos de accesorios de conexión y de sujeción, así como los procedimientos de trabajo a utilizar.
5. La capacidad de adaptación a la estructura de soporte al edificio y a las condiciones generales de la instalación.
6. Los requisitos del fluido de trabajo que se puede utilizar.
7. La disponibilidad de un manual de instrucciones claro.
8. Las condiciones de mantención previstas en el manual.
9. Las formas de embalaje, transporte y almacenaje previstos.
10. Las condiciones y los plazos de la garantía del fabricante y del distribuidor.
11. Las referencias de instalaciones en los que se ha utilizado y los años de experiencia constatable.
12. El costo de adquisición del colector y de los accesorios necesarios para su montaje y acoplamiento.
13. Los costos de transporte y montaje. Incluso las diferencias de costos de la instalación asociada a cada caso.
14. Las prestaciones energéticas de la instalación. Estudiando los resultados de los programas de cálculo con distintos colectores solares y realizando un análisis comparativo de los mismos.

2.3.2 Sistema de acumulación

El acumulador solar o depósito acumulador (DA) se utiliza para almacenar el agua caliente producida en el SST hasta que se precise su uso. Por lo tanto, debe mantener la calidad sanitaria del agua, colaborar en la buena eficiencia de la instalación y evitar las pérdidas térmicas para no perder temperatura.

Los acumuladores solares pueden llegar a alcanzar temperaturas elevadas (superiores a 100°C), por tanto, es preciso que estén conformados por materiales y protecciones interiores con unas características físicas concretas.

- **Criterios de selección.**

Aunque los acumuladores utilizados en las instalaciones solares térmicas pueden ser similares a los empleados para producción de ACS en sistemas convencionales, se deben evaluar los criterios específicos que definen su correcto funcionamiento y su durabilidad para decidir su selección. Entre ellos se encuentran:

1. La disponibilidad de un certificado del acumulador
2. El cumplimiento de los requisitos exigidos para mantener la potabilidad y calidad del ACS
3. La capacidad de trabajar adecuadamente dentro de los márgenes de presión y temperatura previstos.
4. Las dimensiones en relación con los espacios disponibles para su ubicación definitiva y para su traslado durante la instalación.
5. Los materiales constructivos y protecciones interiores.
6. La compatibilidad con el resto de materiales de la instalación.
7. El aislamiento térmico definido por el tipo, material y espesor (y/o evaluando pérdidas térmicas) y sus protecciones exteriores en relación con el procedimiento de traslado y el lugar de ubicación.
8. El sistema de protección catódica.
9. La disposición del depósito acumulador, forma y relación superficie/volumen.
10. La disponibilidad de todas las bocas necesarias para entradas y salidas de agua, así como para elementos de medida, de vaciado y de purga.
11. La situación de conexiones de entrada y salida, así como formas de conexión y uso de dispositivos.
12. La existencia de medidas y dispositivos para favorecer la estratificación.
13. Los costos de adquisición, traslado y montaje, incluyendo los costos de accesorios adicionales, de conexión de cañerías y de mantención.
14. Plazos y condiciones de garantía ofrecidas por el fabricante y el distribuidor

- **Dimensionado**

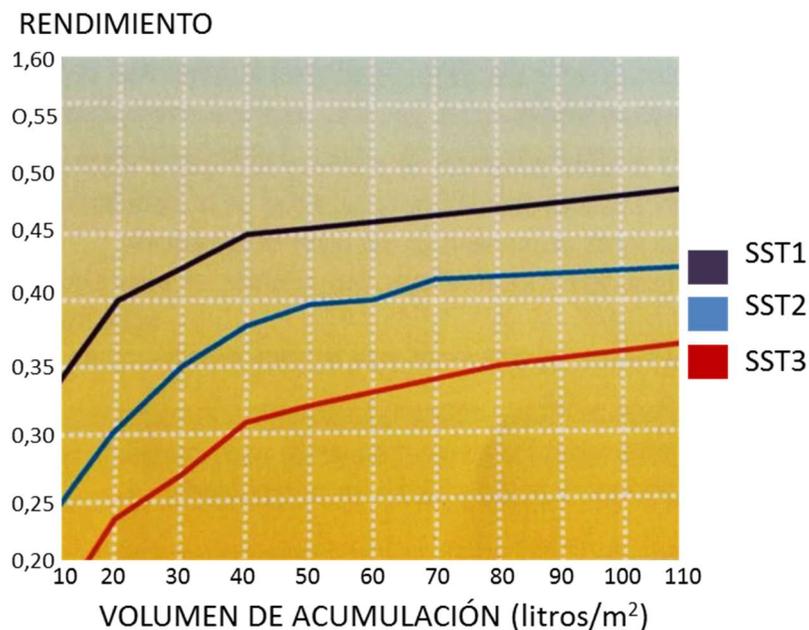
El rendimiento global de la instalación solar aumenta con el volumen de acumulación (V), pero si se analiza la dependencia del rendimiento en función de la acumulación específica V/A_{coL} , siendo A_{coL} el área total de captación, siempre se observa que:

- (a) Por debajo de un valor entre 40 y 50 [L/m²], el rendimiento baja significativamente

(b) Para valores superiores a 100-120 [L/m²], el aumento del rendimiento es muy pequeño o incluso, en algunos casos, puede descender si las pérdidas térmicas del sistema de acumulación son elevadas.

Se puede observar el gráfico adjunto un ejemplo de cómo varía el rendimiento global de tres sistemas solares térmicos de distinta captación $A_{SST1} \leq A_{SST2} \leq A_{SST3}$ en función de la acumulación específica.

Figura 1.5 Influencia del tamaño de la acumulación en el rendimiento global.



Fuente: SISTEMAS SOLARES TERMICOS II. Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria. Programa de las naciones unidas para El Desarrollo (PNUD) Av. Dag Hammarskjold 3241, Vitacura, Chile.

El volumen total del sistema de acumulación se puede definir, en función del tamaño del campo de colectores, utilizando un valor de acumulación específica de 75 litros de acumulación por metro cuadrado de captación.

Es recomendable realizar un análisis de sensibilidad y evaluar cómo afecta globalmente al rendimiento de la instalación pero, no obstante, la acumulación específica se debe encontrar en el rango:

$$40 \leq V/A_{COL} \leq 180 \quad (4)$$

Debido a su dependencia con el consumo, algunas veces se determina el volumen de acumulación V en base al consumo medio diario demandado Q_{ACS} que, si no es constante a lo largo del año, se adopta el consumo medio en la temporada de mayor insolación y se debe cumplir:

$$0,8 * Q_{ACS} \leq V \leq Q_{ACS} \quad (5)$$

Una vez estimado el volumen de acumulación debe definirse si se dispone un único acumulador o varios – preferentemente iguales – cuya suma de capacidades sea igual al volumen calculado.

Todos los acumuladores de la instalación deberán quedar térmicamente aislados para minimizar las pérdidas correspondientes. En cualquier caso, los espesores siempre será superiores a:

$$e_{min} \geq 50 * \lambda / 0,04 \quad (6)$$

Siendo e_{min} (en mm) el espesor mínimo de aislamiento, y λ [W/mK] la conductividad térmica del material del aislante.

2.3.3 Sistema de intercambio

- **Intercambiador de calor.**

El intercambiador es el componente que separa circuitos con distintos fluidos y permite realizar la transferencia de calor entre ellos a través de una pared metálica o de un tubo que separa ambos fluidos.

El uso de los intercambiadores tiene las siguientes ventajas para las instalaciones:

- (a) Permite utilizar mezclas de agua con anticongelante como fluido de trabajo en el circuito primario evitando de esta manera los problemas de heladas.
- (b) Evita la existencia de depósitos calcáreos en el circuito primario, especialmente en los colectores, cuando existen aguas duras.

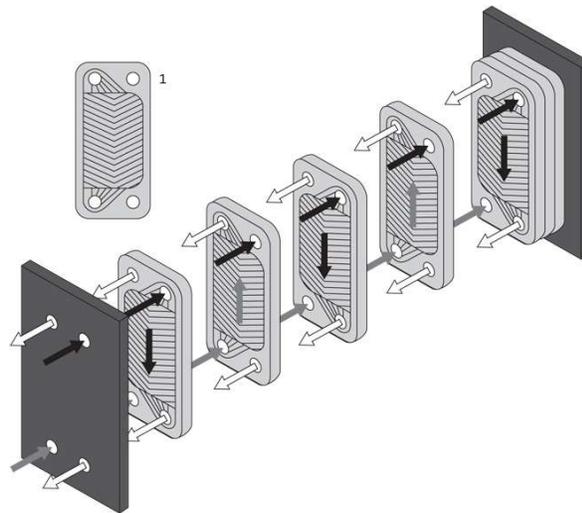
- (c) Disminuye el riesgo de corrosión en el circuito primario ya que, si no existen renovaciones continuas de agua, es mínimo el contenido de oxígeno disuelto en agua y, además, permite utilizar inhibidores de la corrosión.

- **Intercambiador de calor externo.**

Los más utilizados son los de placa, dada su alta potencia específica de transmisión, pequeño tamaño en relación a su área de transferencia de calor y bajo precio. Debe ponerse especial cuidado a la pérdida de carga y evitar su ensuciamiento para que no pierda su capacidad de transmisión.

Los intercambiadores pueden ser de placas de cobre, de acero inoxidable o de titanio, bien desmontables o bien electrosoldadas.

Figura 1.6 Intercambiador de calor de placas.



Fuente: Guía práctica de Energía Solar Térmica. AVEN. 46004 Valencia.

El dimensionamiento del intercambiador de calor externo quedara definido, por, al menos, los siguientes parámetros: la potencia nominal, los caudales de diseño, los valores de las temperaturas nominales de entrada y salida, y la efectividad del intercambiador.

La efectividad (ε) se define como:

$$\varepsilon \frac{T_{fs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fe}} = \frac{Q}{C_{min}(T_{ce} - T_{fe})} \quad (7)$$

$$C_{min} = MIN [(\dot{m}c_p)_{fria}; [(\dot{m}c_p)_{caliente}] \quad (8)$$

Dónde:

C_{Min} : Es la menor de las capacidades caloríficas ($\dot{m}c_p$), de ambos circuitos (frio y caliente).

T_{fs} : temperatura a la salida al intercambiador del lado del secundario.

T_{fe} : temperatura a la entrada al intercambiador del lado del secundario.

T_{ce} : temperatura a la entrada al intercambiador del lado del primario.

Para las condiciones de diseño, debe definirse la efectividad del intercambiador y, en cualquier caso, debe ser superior a 0,7.

La potencia del diseño del intercambiador solar (P) se definirá en función de la superficie útil de captación (A_{COL} en m^2) de acuerdo con la expresión siguiente:

$$P = (\text{en W}) \geq 525 * A_{COL} \quad (9)$$

Los intercambiadores se deben dimensionar de forma que con una temperatura de entrada del fluido del circuito del lado del primario de 50°C la temperatura de salida del fluido del circuito del lado del secundario será superior a 45°C .

La pérdida de carga de diseño en los intercambiadores de calor no será superior a 0,2 bares, tanto en circuito del lado del primario como en el circuito del lado del secundario.

- **Bomba de circulación.**

Las bombas de circulación, accionadas por un motor eléctrico, se encargan de mover el fluido en el circuito. Son del tipo de línea, de rotor seco o húmedo, y deberán ajustarse a las condiciones de operación para su mejor y eficiente funcionamiento.

Los materiales de la bomba deben cumplir todos los requisitos generales especificados y, en particular, para los circuitos de ACS, deben ser resistentes a la corrosión y a los depósitos calcáreos que puedan producirse.

Figura 1.7 Bomba de circulación.



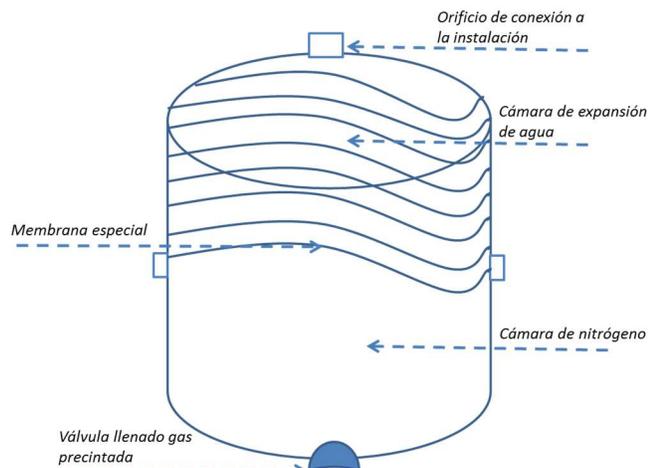
Fuente: Manual de operación Grundfos. Bomba de circulación.

- **Tanque de expansión.**

Es el dispositivo que absorbe las variaciones de volumen y presión en un circuito cerrado causadas por las variaciones de temperatura del fluido circulante. Corresponde a un depósito dividido en dos partes mediante una membrana elástica. A un lado de la membrana se encuentra el fluido de trabajo correspondiente en estado líquido y en el otro aire o un gas inerte como el nitrógeno. Al dilatarse el fluido, aumenta la presión y la membrana se desplaza comprimiendo el aire del otro lado.

La presión inicial en el lado del aire viene preestablecida por el fabricante pero debe ser ajustada a las condiciones de la instalación. Se recomienda que la presurización se realice con nitrógeno ya que el uso de aire, por la mezcla de oxígeno y humedad que incorpora, puede oxidar el interior y reducir la vida útil del mismo.

Figura 1.8 Tanque de expansión.

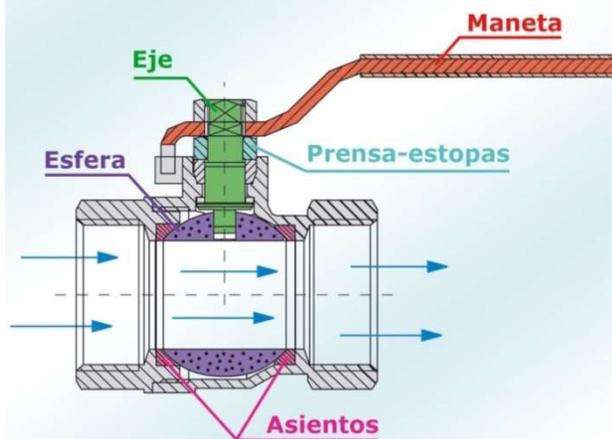


Fuente: Autor

Válvulas

- **Válvula de esfera o de bola.** Se empieza para abrir o cerrar el paso de fluido a través de una tubería lo que permite independizar componentes aislándolos del resto del circuito. Disponen de un obturador esférico perforado dentro del cuerpo, que consigue un cierre muy hermético y que puede girar alrededor de su eje, al mover una palanca solidaria a éste.

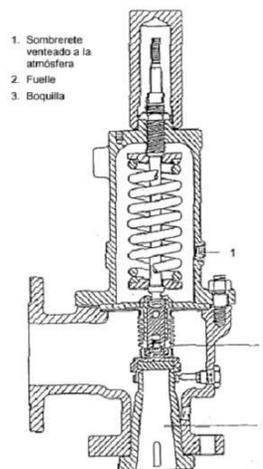
Figura 1.9 Válvula de esfera o bola.



Fuente: Guía práctica de Energía Solar Térmica. AVEN. 46004 Valencia.

- **Válvula de seguridad.** Se utilizan para expulsar fluido de trabajo al exterior del circuito y así evitar presiones más elevadas. Son válvulas de resorte y el obturador permanece cerrado por la acción de un muelle. Cuando la presión del fluido es superior a la que ejerce el resorte, éste cede y el obturador se desplaza dejando pasar fluido.

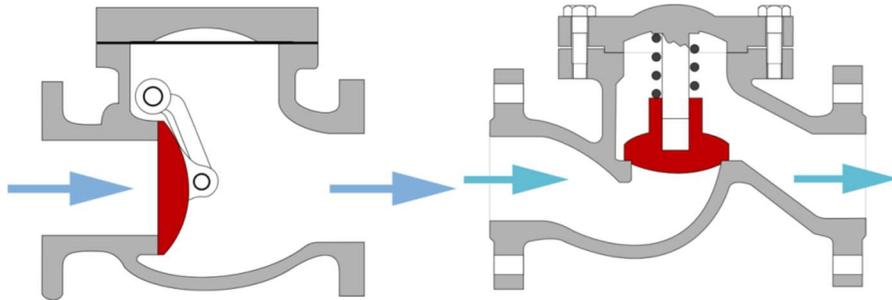
Figura 1.10 Válvula de seguridad de escape conducido



Fuente: Salvador Escoda S.A. Catalogo técnico.

- **Válvula antirretorno.** Impide el paso de fluido en un sentido y permite la circulación en el otro. Suelen ser de clapeta, de muelle o de disco. Es importante que no generen una elevada pérdida de carga en el circuito.

Figura 1.11 Válvulas de retención o antirretorno.



Fuente: Válvula antirretorno. Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_antirretorno

- **Válvula de equilibrado.** Se utilizan para controlar y regular los caudales lo que permite equilibrar hidráulicamente los circuitos. Puede ser manual o automática.

Figura 1.12 Válvula de equilibrado



- **Válvula motorizada de 2 o 3 vías.** Son válvulas, normalmente de asiento, que actuadas por un servomotor del tipo todo-nada permiten modificar los circuitos en operación.

Figura 1.13 Válvula de tres vías.



- **Válvula mezcladora termostática.** Son válvulas de tres vías que mezclando agua a dos temperaturas diferentes permiten regular la temperatura de salida.

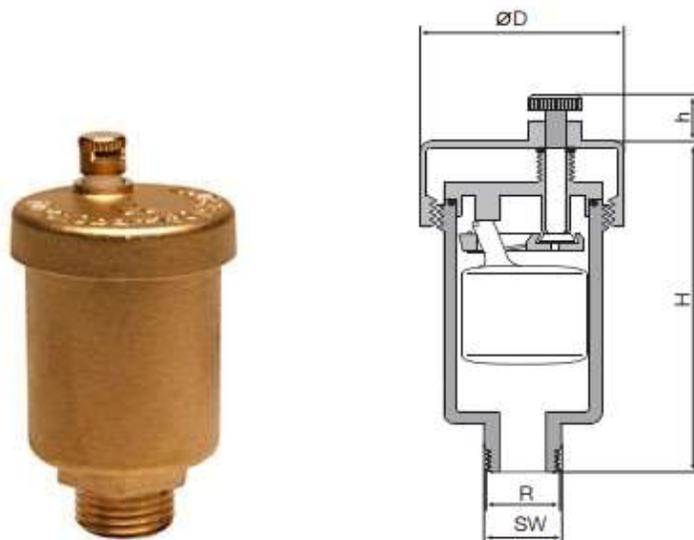
Figura 1.14 Válvula mezcladora termostática.



- **Purgador de aire automático**

Es un dispositivo que permite la salida del aire de los circuitos. Este puede ser manual o automático y debe resistir la temperatura máxima del fluido, por lo que el flotador no debe ser de plástico sino de acero inoxidable. Los purgadores también deben ser resistentes a la intemperie.

Figura 1.15 Purgador automático de aire.



Fuente: Manual Honeywell. Disponible en:
http://products.ecc.emea.honeywell.com/spain/ecatdata/pg_e121.html

- **Equipos de medida.**

Termómetros. Los termómetros bimetálicos proporcionan la temperatura de los circuitos y acumuladores con precisión suficiente, siendo los de inmersión con vainas los más apropiados. Su instalación en lugares próximos a la ubicación de los sensores de temperatura facilita la comparación de las medidas entre ambos.

En el circuito primario se recomienda emplear termómetros con escala de 0 a 200°C; en el resto de circuitos se pueden emplear escalas de 0 a 100°C

Manómetros. Se utilizan para la medida de la presión manométrica de cada uno de los circuitos, normalmente deben disponer de una esfera de 100mm y escala graduada de 0 a 10 bar.

Caudalímetros. Entregan el caudal del fluido y deben tener un diámetro idéntico a la cañería en donde irá instalado.

Las mediciones de caudales se pueden realizar mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravímetros, de forma que la exactitud sea aproximadamente igual o superior a ± 3 % en todos los casos.

Contadores de energía. Los medidores de energía térmica deben estar constituidos por los siguientes elementos:

- Medidor de caudal de agua
- Dos sondas de temperatura
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado

La posición del medidor y de las sondas define la energía térmica que se medirá. El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía. [3]

2.4 CÁLCULO DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS.

El cálculo de prestaciones energéticas tiene por objeto predecir y conocer el comportamiento térmico de una determinada instalación solar térmica ubicada en un determinado lugar y atendiendo una determinada utilización. El comportamiento térmico queda definido por la evolución de un conjunto de parámetros (temperaturas, caudales, energía, etc.) a lo largo del tiempo y la integración de los mismos en un determinado periodo de tiempo proporciona las prestaciones de la instalación.

2.4.1 Temperaturas de uso y de preparación.

El diseño de una instalación convencional de preparación y distribución de agua caliente se puede realizar con temperaturas de preparación (T_p) y de distribución (T_d) distintas y superiores a la de uso (T_u) y siempre se cumplirá:

$$T_p \geq T_d \geq T_u \quad (10)$$

La mezcla del caudal de preparación (Q_p) con agua fría, a la salida del sistema de apoyo, proporciona el caudal de distribución (Q_d) y la mezcla de éste en el punto de consumo, produce el caudal de uso (Q_u). Los caudales asociados a cada temperatura, por tanto, van disminuyendo a medida que aumenta la temperatura correspondiente por lo que se cumple:

$$Q_p \geq Q_d \geq Q_u \quad (11)$$

Para determinar el caudal de consumo asociado a cualquier temperatura $Q_{ACS}(T)$ tomando como referencia el consumo de agua caliente $Q_{ACS}(45)$ para una temperatura de referencia de 45°C se utilizara la siguiente expresión:

$$Q_{ACS}(T) = Q_{ACS}(45) * (45 - T_{AF}) / (T - T_{AF}) \quad (12)$$

Caso proyecto. Una instalación para suministrar 6476 m³/día a 45°C con una temperatura de agua fría de 15°C, vamos a calcular los caudales de preparación, de distribución y de uso si la temperatura de preparación de 58°C, la de distribución es de 52°C y la de consumo 43°C.

$$Q_{ACS}(T) = Q_{ACS}(45) * (45 - T_{AF}) / (T - T_{AF})$$

$$Q_{ACS}(58) = 6476 * (45 - 15) / (58 - 15)$$

$$Q_{ACS}(58) = 4518 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{ACS}(T) = Q_{ACS}(45) * (45 - T_{AF}) / (T - T_{AF})$$

$$Q_{ACS}(52) = 6476 * (45 - 15) / (52 - 15)$$

$$Q_{ACS}(58) = 5250 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{ACS}(T) = Q_{ACS}(45) * (45 - T_{AF}) / (T - T_{AF})$$

$$Q_{ACS}(43) = 6476 * (45 - 15) / (43 - 15)$$

$$Q_{ACS}(58) = 6938 \text{ m}^3/\text{día}$$

Aunque la demanda de energía sea independiente de la temperatura de referencia utilizada no es lo mismo desde el punto de vista del consumo energético ya que, mientras más baja sea la temperatura de preparación, menores son las pérdidas térmicas del circuito de distribución y mejor será el funcionamiento del SST y del sistema global.

2.4.2 Cálculo de la demanda de energía.

La demanda de energía térmica del agua caliente sanitaria DE_{ACS} es la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del caudal de consumo $Q_{ACS}(T_u)$, desde la temperatura de entrada de agua fría T_{AF} hasta la temperatura de uso T_u en los puntos de consumo. Las características del agua están representadas por su densidad ρ y por el calor específico C_p a presión constante. Se calcula mediante la expresión:

$$DE_{ACS} = Q_{ACS}(T_u) * \rho * C_p * (T_u - T_{AF})$$

$$DE_{ACS} = 6938 \text{ m}^3/\text{día} * 1000,00 \text{ kg /m}^3 * 0,00025864 \text{ kW}/(\text{m}^3*\text{K}) * (58 - 15)$$

$$DE_{ACS} = 6938 \text{ m}^3/\text{día} * 1000,00 \text{ kg /m}^3 * 0,00025864 \text{ kW}/(\text{m}^3*\text{K}) * (331,15 - 288,15)$$

$$DE_{ACS} = 77161,10 \text{ kgkW}/\text{día m}^3$$

2.4.3 Cálculo del consumo de energía térmica.

El consumo de energía térmica (CE_{ACS}) es la cantidad de energía térmica que es necesario emplear para poder abastecer una determinada demanda. Se determina sumando la demanda de energía y las pérdidas térmicas asociadas a la demanda (PT_{DEM}):

$$CE_{ACS} = DE_{ACS} + PT_{DEM} = DE_{ACS} + PT_{ALI} + PT_{DIS} + PT_{REC} + PT_{ACU} \quad (13)$$

Las pérdidas térmicas asociadas a la demanda corresponden a la suma de aquellas de los circuitos de alimentación, distribución y recirculación, así como al sistema de acumulación de agua caliente del sistema de apoyo:

- La red de alimentación proporciona pérdidas de agua y de energía de la red interior del centro de consumo (PT_{ALI})
- La red de distribución (PT_{DIS}), que incluye todos los circuitos de impulsión de agua caliente.
- El circuito de recirculación (PT_{REC}) que junto con el de distribución aporta las pérdidas por disponibilidad de agua caliente.
- El acumulador de ACS del sistema de apoyo (PT_{ACU})

2.4.4 Cálculo del consumo energía convencional.

A partir del consumo de energía térmica del sistema de apoyo (CE_{APO}) se puede determinar el consumo de energía del generador convencional (CE_{GEN}), que es la cantidad de energía térmica que es necesaria para producir en el generador de calor para satisfacer el consumo de energía térmica de apoyo correspondiente; su valor se obtendrá añadiendo las pérdidas térmicas de la instalación de apoyo (PT_{APO}):

$$CE_{GEN} = CE_{APO} + PT_{APO} \quad (14)$$

Viene dado de las siguientes ecuaciones:

$$CE_{APO} = CE_{ACS} - AE_{SOL} \quad (15)$$

CE_{APO} = Consumo de energía térmica convencional

CE_{ACS} = Consumo de energía térmica

El aporte energético del SST (AE_{SOL}), será el efectivamente entregado para cerrar el balance energético, por lo que en el proceso de cálculo siempre será necesario haber deducido todas las pérdidas térmicas de la instalación solar (PT_{SOL}) que no haya sido consideradas en el cálculo de la energía solar térmica producida (EP_{SOL}):

$$AE_{SOL} = EP_{SOL} - PT_{SOL} \quad (16)$$

El consumo de energía final del generador, expresado en unidades del combustible convencional empleado en función de su poder calorífico inferior PCI y del rendimiento del sistema convencional (ρ_{GEN}), se calcula de la siguiente manera:

$$CF_{GEN} = CE_{GEN} * [PCI * \rho_{GEN}] \quad (17)$$

2.5 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SST

2.5.1 Parámetros de la instalación.

El rendimiento global de un SST se obtiene multiplicando los rendimientos de cada uno de los sistemas (captación, acumulación, intercambio, red hidráulica y control) que componen la misma:

$$\eta_{SST} = \eta_{CAP} * \eta_{ACU} * \eta_{INT} * \eta_{RED} * \eta_{CON} \quad (18)$$

2.5.2 Fracción solar

El objetivo de la instalación solar es que, para una determinada demanda neta de energía, el consumo de energía convencional sea lo menor posible. Lo que se pretende, si se comparan distintas soluciones, es minimizar el gasto energético específico:

$$GE = CE_{APO} / DE_{ACS} \quad (19)$$

Para caracterizar globalmente el funcionamiento de una instalación solar, uno de los parámetros más significativos y habitualmente utilizado es la fracción solar (FS), definida como la parte de la demanda no cubierta con energía convencional:

$$FS = 1 - CE_{APO} / DE_{ACS} \quad (20)$$

La fracción solar (FS), también denominada cobertura o contribución solar es, por tanto, la parte de la demanda de energía que es cubierta mediante energía solar.

2.5.3 Método de cálculo del rendimiento medio

Es un método para estimar la superficie de captación en función de:

- La radiación solar global incidente H_1 sobre una superficie con la misma orientación e inclinación que los colectores solares.
- El rendimiento global de la instalación solar (η_{SST}) como cociente entre la energía térmica aportada al consumo por el SST y la energía solar incidente sobre el plano de los colectores solares de la instalación.
- La demanda de energía térmica que requiere el consumo de la instalación.
- La contribución solar, CS.

En cualquier base temporal, aunque normalmente se utiliza la anual, se puede determinar la superficie de captación necesaria (A_c) en base a:

$$A_c * H_1 * \eta_{SST} = CS * DE_{ACS} \quad (21)$$

Caso proyecto. Con una radiación solar global de 3,5 kWh/m², vamos a calcular la superficie necesaria de colectores solares en una instalación con $\eta_{SST} = 0,4$ para alcanzar una contribución solar del 70% de la demanda necesaria para calentar 6476 litro/día de agua desde 15 a 45°C

$$A_c * 3,5 \text{ kWh/m}^2 * 0,4 = 0,70 * 365 * 6474 \text{ litro/día} * (45-15) * 0,0041868$$

$$A_c = 148 \text{ m}^2$$

Aproximadamente, resulta $A_c = 148 \text{ m}^2$, lo que significa que es necesario disponer de 1 m^2 de colector solar por cada 43 litros de consumo (para $\eta_{\text{SST}} = 0,4$) de consumo de agua. Este factor ($1 \text{ m}^2/43$ litros) es un valor estimativo de dimensionado previo que puede ser utilizado en lugares con la radiación indicada y criterios similares pueden deducirse para cualquier otra radiación. [4]

2.6 CALEFACCIÓN

Es una forma de climatización que consiste en aportar calor a los espacios cerrados habitados, cuando las temperaturas exteriores son bajas conforme sean las necesidades. En general, el confort térmico completo se consigue con un sistema de climatización.

La climatización de los locales se divide en cuatro sistemas básicos según la finalidad que se busque.

Tabla 1.3 Sistemas básicos

Sistema	Finalidad
<i>Calefacción</i>	Calentar el aire
<i>Ventilación</i>	Renovar el aire
<i>Aire acondicionado</i>	Enfriar el aire
<i>Climatización</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Control temperatura del aire (calentar, enfriar) • Control humedad aire (humidificar, deshumidificar) • Ventilación con aire exterior • Control de calidad de aire (partículas y gases) • Control de velocidad del aire en el local • Control acústico (ruido del equipo HVAC)

Fuente: CASALS, Martí Rosas. Instalaciones de calefacción. Biblioteca multimedia de la industria. Editorial UOC, 2003. Pág. 18

Como hemos indicado, los sistemas de calefacción permiten controlar la temperatura del aire de los espacios con carga negativa (perdidas de calor hacia el ambiente exterior).

Estos sistemas pueden clasificarse de múltiples formas y según diversas características.

Tabla 1.4 Criterio de clasificación según el sistema de calefacción.

Criterio de clasificación	Sistema de calefacción
<i>Según la fuente energética</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Calefacción termodinámica (por bomba de calor) • Calefacción eléctrica (por resistencias y efecto Joule) • Calefacción por energía solar • Calefacción convencional (combustibles fósiles)
<i>Según el grado de concentración</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Unitaria (calor producido y emitido desde un aparato que calienta total o parcialmente un recinto) • Individual (producción de calor por una unidad de consumo –vivienda, oficina y diferentes ambientes). • Colectiva (producción de calor por diferentes unidades de consumo –edificio, conjunto de edificios)
<i>Según el fluido caloportador</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Por aire • Por agua • Por vapor • Por otros fluidos térmicos (aceite)
<i>Según el tipo de aparato calefactor</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Por radiadores • Por convectores • Por fan-coils • Por aerotermos • Por sol radiante
<i>Según el modo de distribución</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Monotubo • Bitubo de retorno directo • Bitubo de retorno invertido • Tres tubos (para utilizar con fan-coils o similares) • Cuatro tubos (para utilizar con fan-coils o similares)

Fuente: CASALS, Martí Rosas. Instalaciones de calefacción. Biblioteca multimedia de la industria. Editorial UOC, 2003. Pág. 18

2.6.1 Calefacción según el fluido caloportador.

2.6.1.1 Calefacción por aire

La calefacción por aire se suele integrar en los procesos de climatización y aire acondicionado. Sin embargo, entendemos por calefacción centralizada por aire, el sistema que incrementa la temperatura del aire al ponerlo en contacto con los productos de una combustión, bien de forma directa, o bien mediante un intercambiador en una unidad central de calefacción.

El aire caliente se distribuye en los diferentes locales mediante conductos apropiados (*calefacción centralizada*) o desembocan directamente en el local de instalación (*calefacción puntual*). En el punto de generación de calor se dispone de elementos difusores que permiten una correcta distribución del aire entrante. En estos casos de calefacción no integrada en grupos HVAC (Calefacción, refrigeración y aire acondicionado), podemos encontrarnos con casos que dispongan de ventilación, y con otros que no la tengan.

En esta circunstancia, el generador de calor puede ser un generador de aire caliente (caldera gasoil C, gas natural, etc.) que calienta directamente el aire que pasa por una batería, una caldera con intercambiador de calor agua-aire (batería de agua), una bomba de calor (aire-aire o agua-aire) o una instalación solar con captadores de aire. Las unidades terminales son los difusores por los que entra (y sale, cuando así se dispone) el aire caliente del local.

2.6.1.2 Calefacción por agua.

En la calefacción por agua, el fluido térmico es el agua que se calienta en el equipo generador de calor y se enfría en la unidad terminal.

Asimismo, las unidades terminales para el caso de la calefacción por agua pueden ser, radiadores (de fundición, acero o aluminio), suelo radiante, fan-coils, convectores (de muro o de zócalo), aerotermos o unidades de inducción.

Actualmente, los sistemas de calefacción por agua más utilizados emplean radiadores o suelo radiante.

2.6.2 Elementos componentes de las instalaciones de calefacción

Vamos a considerar las partes de un sistema de calefacción por agua caliente.

2.6.2.1 Generadores de calor. Calderas.

Es la parte más importante de toda instalación de calefacción, es el elemento que genera el calor que luego se distribuye por la instalación. Su clasificación más general es la siguiente:

- **Calderas para combustibles sólidos.** Pueden quemar indistintamente leña o carbón.
- **Calderas policombustibles.** Son las de mayor aplicación y pueden utilizar cualquier tipo de combustible.
- **Calderas para gasóleo:** *Calderas específicas para gas.* Pueden quemar gas, propano y gas natural. Pueden ser atmosféricas y estancas.

2.6.2.3 Quemadores.

Es el aparato que introduce el combustible pulverizado en el hogar, realizando una mezcla con el aire al objeto de producir su combustión completa. Su clasificación más usual es la siguiente:

- **Quemadores para combustibles líquidos.** Incorporan un sistema de pulverización mecánico y un precalentador del combustible (normalmente gasóleo C)
- **Quemadores para combustibles gaseosos.** Dosifican el aire y el gas.

2.6.2.4 Tuberías.

Las tuberías deben seleccionarse cumpliendo los siguientes requisitos:

- Compatibilidad con el fluido.
- Presión de trabajo.
- Temperatura de trabajo

En cuanto a la presión y la temperatura de trabajo, las tuberías deben soportar las condiciones habituales en este tipo de instalaciones

- Temperatura máxima: 80°C.
- Presión de trabajo: habitualmente inferior a 4 bar.

Las tuberías metálicas (cobre y acero inoxidable) admiten condiciones de trabajo muy superiores; sin embargo, para seleccionar las tuberías termoplásticas en

primer lugar es necesario definir la clase según la temperatura de trabajo y con la clase seleccionar la serie, que es la que finalmente debe instalarse.

El material de las tuberías debe ser compatible con el fluido; es decir, que no debe deteriorar las características del mismo, ni a su vez verse afectada por el agua.

La forma de garantizar esta compatibilidad es utilizar tuberías con el marcado de la norma correspondiente a la aplicación.

Las tuberías de aplicación en las instalaciones individuales de calefacción y ACS se muestran en la siguiente tabla donde se indica el material y la norma correspondiente:

Tabla 1.5 Tuberías de aplicación en instalaciones individuales de calefacción y ACS

Material	Denominación	Norma
Cobre	Cu	UNE EN 1.057
Acero inoxidable	INOX	UNE 19.049 UNE EN 10.312
Polietileno reticulado	PE-X	UNE EN ISO 15.875
Polibutileno	PB	UNE EN ISO 15.876
Polipropileno	PP	UNE EN ISO 15.874
Multicapa polímero/aluminio/polietileno RT	PE P/AL/PE-RT	UNE 52.960 EX
Multicapa polímero/aluminio/polietileno PEX	P/AL/PE-X	UNE 53.961 EX

En la Tabla 4 se muestran las diferentes clases y en la Tabla 5 las series correspondientes según el material seleccionado y la clase, en función de la presión de trabajo.

En calefacción las clases de aplicación son las 4 y 5, mientras que para ACS se aplica la clase 2.

La presión de trabajo en general será 4 bar para calefacción y 8 bar para ACS. [5]

Tabla 1.6 Clases de aplicación de tuberías termoplásticas, en función de las temperaturas de trabajo.

Clase	T ₀ (°C)	Años	T _{MAX} (°C)	Años	T _{MAL} (°C)	Horas	Como aplicación típica
1	60	49	80	1	95	100	ACS a 60°C
2	70	49	80	1	95	100	ACS a 70°C
3 (*)	20	0,5	50	4,5	65	100	Suelo radiante
	30	20					
	40	25					
4	20	2,5	70	2,5	100	100	Suelo radiante
	40	20					
	60	25					
5	20	14	90	1	100	100	Radiadores
	60	25					
	80	10					

(*): Las clase 3 no tiene aplicación debido a que la T_{MAL} es 65°C

Todas las clases deben soportar 20°C a 10 bar durante 50 años

T₀: Temperatura de diseño, para los años de funcionamiento indicados.

T_{MAX}: Temperatura máxima, durante los años de funcionamiento indicados.

T_{MAL}: Temperatura mal funcionamiento, durante las horas de funcionamiento indicadas.

Tabla 1.7 Series comerciales para los distintos tipos de tuberías termoplásticas según la clase y la presión de trabajo.

Material	P diseño (bar)	Aplicación			
		Clase 1	Clase 2	Clase 4	Clase 5
PB	4	10,0	10,0	10,0	10,0
	6	8,0	8,0	8,0	6,3
	8	6,3	6,3	6,3	4,0
	10	5,0	5,0	5,0	4,0
PE-X	4	6,3	6,3	6,3	6,3
	6	5,0	5,0	6,3	5,0
	8	4,0	4,0	5,0	4,0
	10	3,2	3,2	4,0	3,2
PP-H	4	5,0	5,0	5,0	3,2
	6	3,2	3,2	5,0	2,5
	8	3,2	2,5	3,2	2,0
	10	2,5	2,0	3,2	
PP-B	4	3,2	2,5	3,2	2,5
	6	2,5	2,0	3,2	2,0
	8	2,0		2,0	
	10			2,0	
PP-R	4	5,0	5,0	5,0	3,2
	6	5,0	3,2	5,0	3,2
	8	3,2	2,5	3,2	2,0
	10	2,5	2,0	3,2	

Fuente: IDEA. Instituto para la diversificación y ahorro de energía. Guía técnica de instalaciones de calefacción individual. E – 28004 – Madrid.

2.6.2.5 Aislamiento térmico.

Un aspecto muy importante de estas instalaciones es el aislamiento térmico, de manera que se reduzcan las pérdidas de calor; deben aislarse todas las tuberías de calefacción con agua a temperatura superior a 40°C que discurran por locales no calefactados y todas las de ACS.

En la siguiente tabla se muestran los espesores mínimos de aislamiento térmico en función del diámetro exterior de la tubería y de la temperatura del agua que transporten.

Tabla 1.8 Espesores mínimos de aislamientos de las tuberías.

Diámetro exterior tubería			Temperatura máxima del fluido					
			40 a 60°C		ACS		≥ 60 a 100°C	
			Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
	D ≤	35	25	35	30	40	25	35
35	< D ≤	60	30	40	35	45	30	40
60	< D ≤	90	30	40	35	45	30	40
90	< D ≤	140	30	40	35	45	40	50
140	< D		35	45	40	50	40	50

$\lambda_{ref} = 0,040 \text{ (W/m}\cdot\text{K) a } 10^{\circ}\text{C}$

Fuente: IDEA. Instituto para la diversificación y ahorro de energía. Guía técnica de instalaciones de calefacción individual. E – 28004 – Madrid.

Aunque no resulta estrictamente obligatorio aislar las tuberías de calefacción cuando discurran por locales calefactados, es conveniente aislarlas, siendo imprescindible cuando las tuberías sean accesibles y puedan alcanzar temperaturas superiores a 60°C. [6]

2.6.3 Elementos emisores de calor.

Son los encargados de ceder a los locales parte del calor que transporta el fluido caloportador (agua en este caso). Son los mal llamados radiadores, ya que la cesión de calor se produce fundamentalmente por convección (90 %), mientras que la cesión por radiación es del 10 %. Los emisores más usados en la calefacción por agua caliente son:



Radiadores de hierro fundido. Son los más resistentes a la corrosión, siendo su duración prácticamente ilimitada y su inercia térmica es elevada. Están constituidos por elementos acoplados.

Radiadores de chapa de acero. Son más económicos que los de hierro fundido, duran menos y tienen poca inercia térmica.



Paneles de chapa de acero. Tienen líneas más planas y menos voluminosas, pero mayor superficie de radiación. Sus características son similares a los radiadores de chapa de acero.

Superficies radiantes. Esencialmente utilizada por los sistemas a baja temperatura ($T < 50^{\circ}\text{C}$), la calefacción con suelo radiante utiliza el agua que circula por los captadores, haciéndola, a su vez circular por un circuito cerrado de tubos que rodea el suelo del habitáculo. Los tubos se colocan sobre el forjado de manera que calientan el suelo que se pisa, calentando al mismo tiempo el ambiente circundante por convección natural.



Sin embargo, un sistema de suelo radiante presenta una cierta inercia que es preciso estudiar en cada caso. Generalmente, es más favorable en ambientes fríos y de carga térmica muy constante.

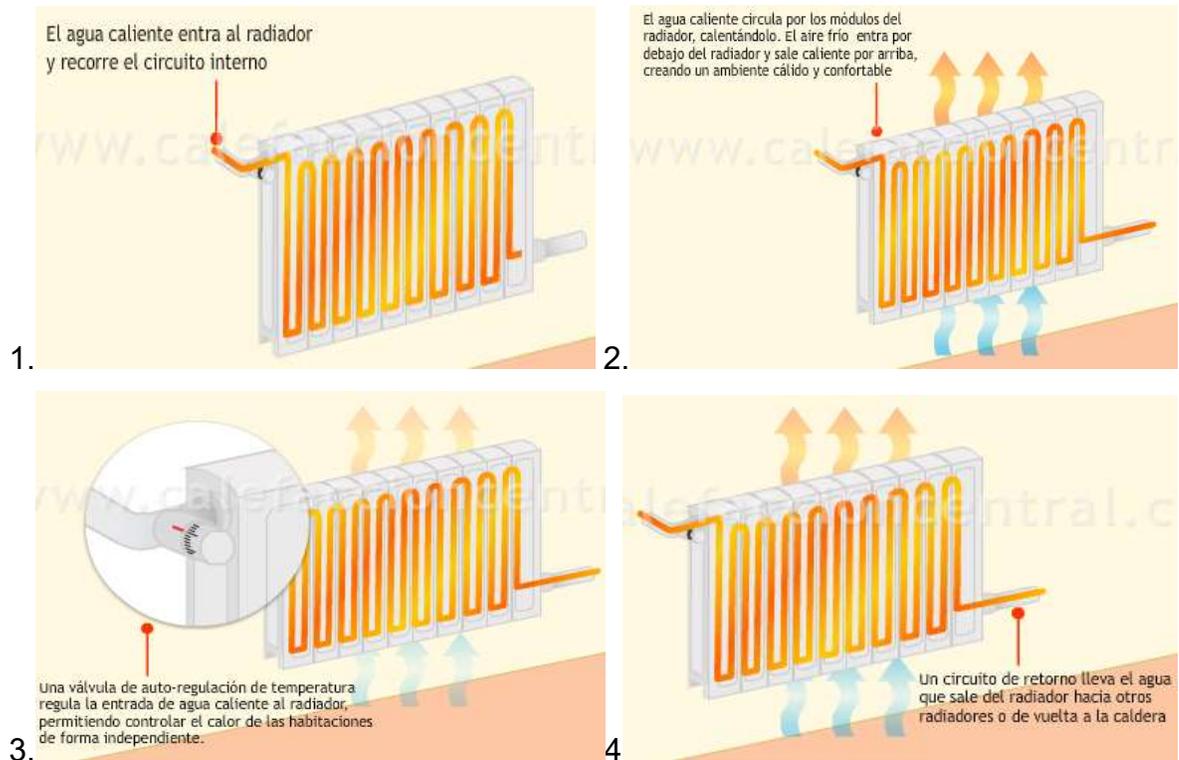
Fan-coils. Un ventiloconvector (en inglés, fan coil unit, FCU) es un dispositivo relativamente sencillo, consistente en una batería o intercambiador de frío o de calor y un ventilador. Forma parte de los sistemas de climatización en edificios residenciales, comerciales o industriales.



Normalmente los ventiloconvectores climatizan un local o varios conectados a una red de tuberías que le proporcionan la energía térmica (calor o frío) y tienen un sistema de regulación propio, generalmente un termostato todo o nada. Pueden tener distintos diseños incluyendo el horizontal (montaje en cielorraso) y vertical (montaje como consola en el suelo).

Debido a su sencillez, son más económicos de instalar que un sistema de climatización por conductos de aire con unidad de tratamiento del aire (UTA). Sin embargo, regulan peor la humedad ambiente y pueden causar ruidos dado que el ventilador está en el mismo local climatizado. [7]

2.6.4 Funcionamiento de los radiadores.



Fuente: CALEFACCIÓN CENTRAL.CL. Soluciones integrales en calefacción central, instalaciones de calderas, radiadores murales y losas radiantes.

Funcionamiento de los radiadores. Disponible en:

[http://www.calefaccioncentral.cl/calderas-murales/calderas-murales.html](http://www calefaccioncentral.cl/calderas-murales/calderas-murales.html)

2.6.5 Elementos complementarios y accesorios.

- **Dilatadores.** Se utilizan para absorber las variaciones de longitud de las tuberías debido a los cambios de temperatura.
- **Soportes.** Resisten el peso combinado de las tuberías, accesorios, válvulas, agua contenida en los tubos, aislamiento, entre otros.
- **Vasos de expansión.** Tienen por objeto absorber los incrementos de volumen del agua de calefacción al calentarse. Pueden ser de dos tipos:

Vasos de expansión abiertos: Están en contacto con la atmósfera. Deben disponerse a una altura superior de columna de agua de la bomba aceleradora de la instalación (normalmente en la cubierta del edificio) y contará con un rebosadero que permita verter el agua de exceso a un desagüe.

Vasos de expansión cerrados: No están en contacto con la atmósfera, constan de una membrana que separa una cámara con nitrógeno del agua de la instalación y que absorbe las dilataciones del agua del circuito.

- **Bombas.** Son las encargadas de impulsar el agua caliente a través del circuito. Se instalará una bomba por circuito, situada preferiblemente en el circuito de retorno.
- **Filtros.** Su función es la de absorber la suciedad acumulada en el circuito.
- **Depósitos acumuladores.** Se utilizan en instalaciones con gran demanda de agua caliente sanitaria. En ellos se acumula agua caliente calentada por la caldera a través de un intercambiador de calor. Están formados por dos circuitos independientes:

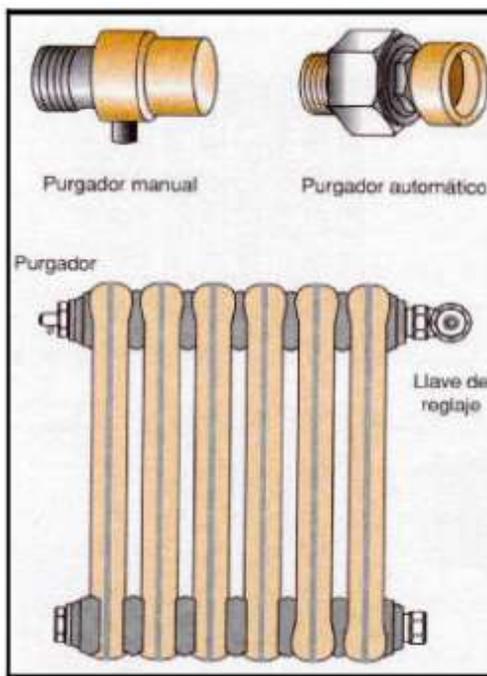
Circuito de calentamiento. Calienta el agua caliente sanitaria con agua procedente de la caldera.

Circuito de consumo. Contiene el agua caliente sanitaria que se ha de calentar y consumir.

- **Termómetros.** Miden la temperatura del circuito. Al menos se suele colocar uno para medir la temperatura del agua a la salida de la caldera (temperatura de ida) y otro para la temperatura del agua a la entrada de la caldera (temperatura de retorno).
- **Manómetros.** Miden la presión del agua en la instalación.
- **Purgadores de aire.** El purgador es un elemento de la instalación cuya misión es sacar o purgar el aire de los radiadores y de la caldera, en general de todo el circuito de agua de la calefacción. Dentro de los

radiadores se forman bolsas de aire que impiden que los radiadores calienten adecuadamente, con los purgadores se puede extraer estas bolsas para el buen funcionamiento. Estas bolsas de aire también producen ruidos en las instalaciones, que se subsanan de la misma forma, purgando los radiadores. En todos los emisores se instalará un purgador de aire pudiendo ser de accionamiento manual o automático. Lo normal es instalar purgadores manuales, dejando los automáticos para lugares de la instalación, donde por su posición (zonas más altas) se concentre el aire.

Figura. 1.16 Purgador manual y automático



Fuente: ALAMÀN, A., Esteban, J.L. y CHILLÒN J. Ma. Criterio de cálculo y diseño de tuberías en la edificación. DTIE 4.01 (Edición revisada). ATECYR. 2007.

- **Válvulas.** Se colocan en diferentes puntos de la red para cortar y/o regular los caudales, impedir la circulación del agua en un determinado sentido y, en general, permitir las operaciones de apertura, cierre y graduación de la circulación del agua. Son de bronce, latón, fundición y hierro. Podemos distinguir diferentes tipos de válvulas según su finalidad: de mariposa, de compuerta, de globo, de macho, de retención, entre otros.

Válvulas termostáticas. Son válvulas de radiador que incorporan un elemento sensible a la temperatura, de manera que cuando la misma se

aproxima a la consigna, la válvula va cerrando el paso de agua al radiador reduciendo la emisión calorífica del mismo, llegando a cerrar completamente cuando se alcanza la consigna; de este modo se puede controlar la temperatura del local.

En el local donde se encuentre el termostato de ambiente no deben colocarse válvulas termostáticas, ya que si la temperatura de consigna de la válvula es inferior a la consigna del termostato en el local nunca se alcanzará la temperatura fijada en este último porque la válvula termostática habrá cerrado el paso de agua con una temperatura inferior, la consecuencia de ello es que la caldera no recibirá la señal de parada y se elevará la temperatura del resto de los locales; en caso contrario, consigna del termostato inferior a la de la válvula, será la válvula la que no llegue a actuar por haberse detenido la caldera al alcanzarse la consigna del termostato.

Es conveniente no colocar válvulas termostáticas en todos los radiadores, de manera que la bomba de la caldera disponga de algunos radiadores por los que poder circular el agua, al margen de cuantas válvulas termostáticas hayan cerrado. Las calderas individuales suelen incorporar válvulas de presión diferencial que eliminan este problema; con el empleo de válvulas termostáticas cada vez es más aconsejable utilizar bombas con variador de velocidad.

Válvulas motorizadas de 3 ó 4 vías. Son válvulas telemandadas desde una central electrónica o que actúan por medicación de las sondas de temperatura directamente. Realizan la mezcla de agua del circuito de vuelta con agua del circuito de ida en función de la temperatura de la estancia y de la temperatura del agua del circuito de retorno. [9]

2.6.6 Circuitos característicos de distribución por agua caliente

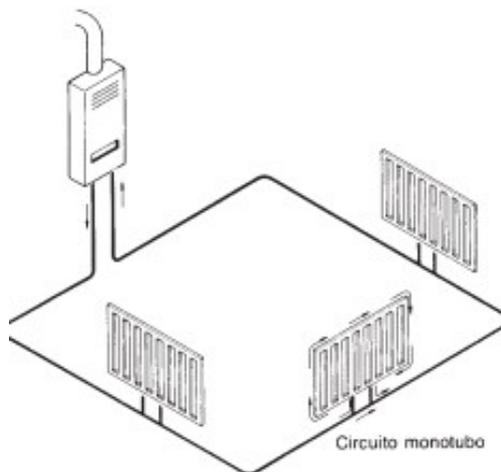
De acuerdo a lo anterior, existen dos tipos de fluidos para distribuir el frío y el calor: el agua y el aire. Así pues, los sistemas de distribución característicos de las instalaciones de clima están segregados en función del fluido utilizado para transmitir la energía.

Los sistemas de distribución de energía mediante agua pueden ser de cuatro tipos: monotubo, bitubo (de retorno directo y retorno invertido), de tres tubos y de cuatro. Los cuatro sistemas permiten la distribución de calor, pero los dos últimos posibilitan la distribución de calor y de frío a la vez, razón por la cual no son objeto de estudio en este proyecto.

2.6.6.1 Sistema monotubo (calefacción radiadores)

Los sistemas monotubo son aplicados en la calefacción de pequeña potencia para radiadores. En este sistema la distribución del agua hacia los radiadores se realiza mediante una única tubería, formando un circuito cerrado de manera que el agua que circula por él pasa por todos los radiadores y por consiguiente, la temperatura del agua va disminuyendo a medida que pasa por cada radiador, siendo la temperatura del agua que circula por el último radiador del anillo muy inferior a la que circula por el primero.

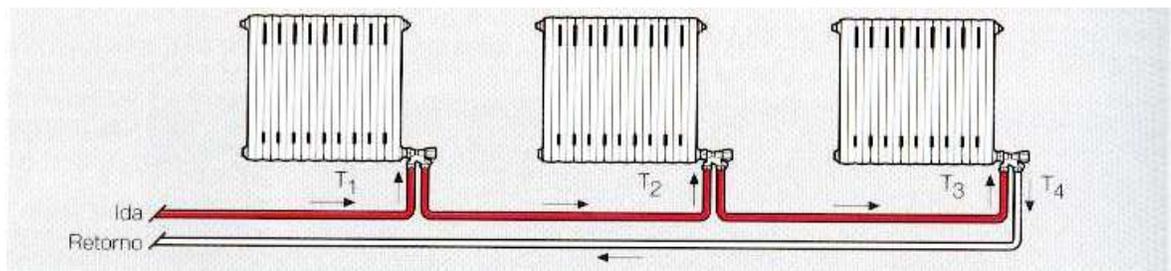
Figura 1.17 Circuito monotubo



Fuente: IDEA, ATECYR. Guía Técnica: Mantenimiento de instalaciones térmicas. 2007

Es el sistema más simple que podemos encontrar (un único tubo), y el que tiene un menor coste de instalación. Su inconveniente consiste en que la temperatura de entrada en los radiadores no se mantiene constante, lo cual hace sobredimensionar los emisores alejados del elemento generador de calor.

Figura 1.18 Sistema monotubo

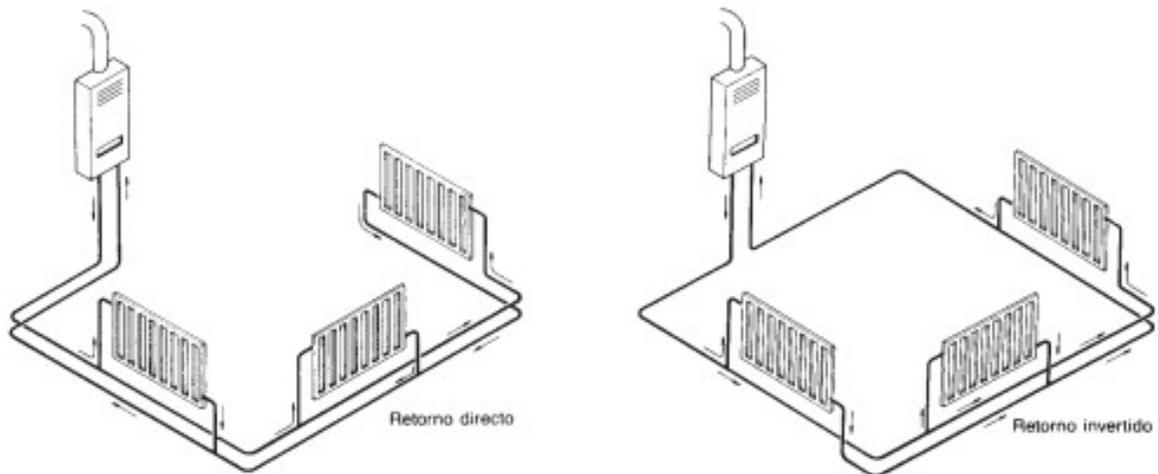


Fuente: IDEA, ATECYR. Guía Técnica: Mantenimiento de instalaciones térmicas. 2007

2.6.6.2 Sistema bitubo (calefacción o refrigeración con radiadores o fan-coils)

El sistema bitubo se aplica en la calefacción mediante radiadores o fan-coils y en la refrigeración, con fan-coil. El agua es distribuida con dos tubos: uno de impulsión y otro de retorno, y tiene dos variantes básicas: la de retorno directo y la de retorno invertido.

Figura 1.19 Tipo de instalaciones bitubo

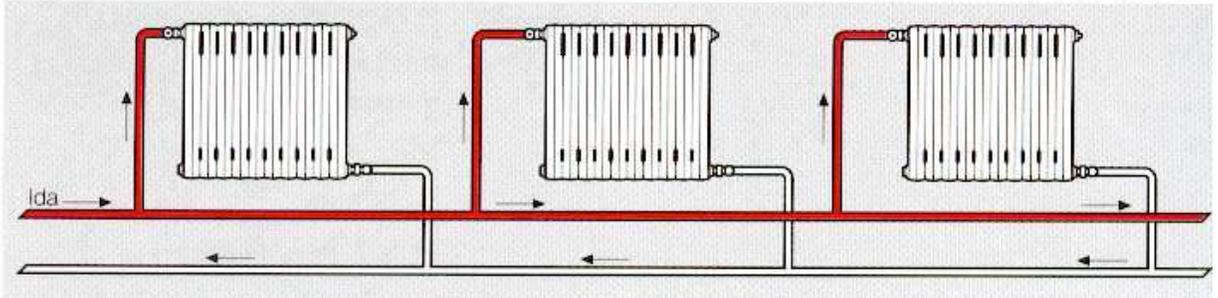


Fuente: IDEA, ATECYR. Guía Técnica: Mantenimiento de instalaciones térmicas. 2007

En el primero, el tubo de retorno parte del radiador más alejado y va recogiendo el agua de los diferentes radiadores hasta devolverla a caldera. El recorrido del agua es menor para los radiadores más cercanos, por lo que su pérdida de carga es menor y existe la necesidad de regular el caudal de manera adecuada.

Con el retorno invertido, el tubo de retorno parte del radiador más cercano a la caldera y siguiendo el sentido de la alimentación llega hasta caldera. Los recorridos a cada radiador son similares en longitud por lo que no requieren una regulación de caudal.

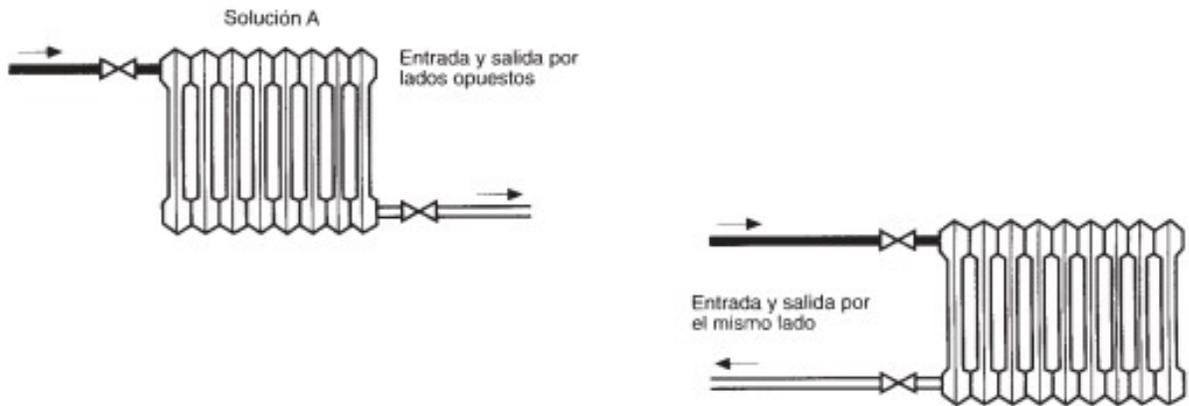
Figura 1.20 Sistema bitubo



Fuente: IDEA, ATECYR. Guía Técnica: Mantenimiento de instalaciones térmicas. 2007

La entrada del agua del radiador siempre debe efectuarse por la parte superior y la salida por la inferior, con las dos soluciones de la figura. Cuando la longitud del radiador supera los 25 elementos es conveniente adoptar la solución de la izquierda para que el radiador no pierda potencia. [10]

Figura 1.21 Formas de conexión de la entrada y la salida del agua



Fuente: IDEA, ATECYR. Guía Técnica: Mantenimiento de instalaciones térmicas. 2007

Los radiadores vienen roscados a 1". Para conexiones de tuberías de diámetro menor, se utilizan reducciones (ver tabla siguiente). Los paneles vienen con conexión a 1/2"

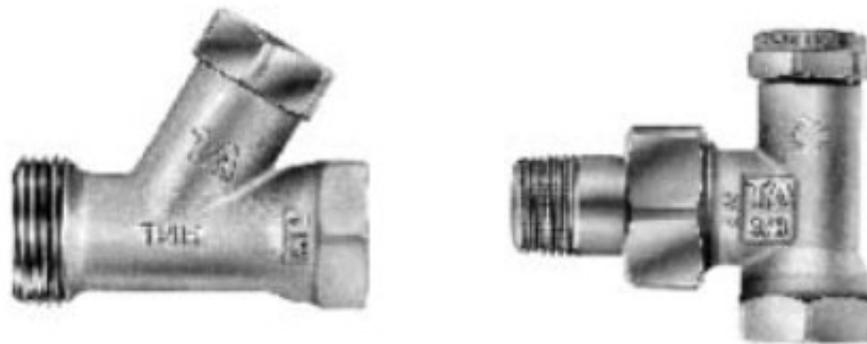
Potencia emisor Kcal/h	F entrada/salida
< 1.500	3/8"
> 1.500	1/2"

Fuente: UPONOR. Aplicaciones de calefacción y climatización. Manual técnico sistema uponor de calefacción por radiadores. Disponible en: <http://www.construnario.com/diccionario/swf/26092/manuales%20t%C3%A9cnicos/calefacci%C3%B3n%20radiadores.pdf>

Con objeto de obtener una buena regulación del caudal de agua que entra en los emisores, se instalan en la entrada de cada uno de ellos una llave de simple o doble reglaje. En las llaves de doble reglaje el instalador realiza un primer reglaje que limita la apertura de la llave. El reglaje simple lo realiza el usuario, abriendo o cerrando la llave.

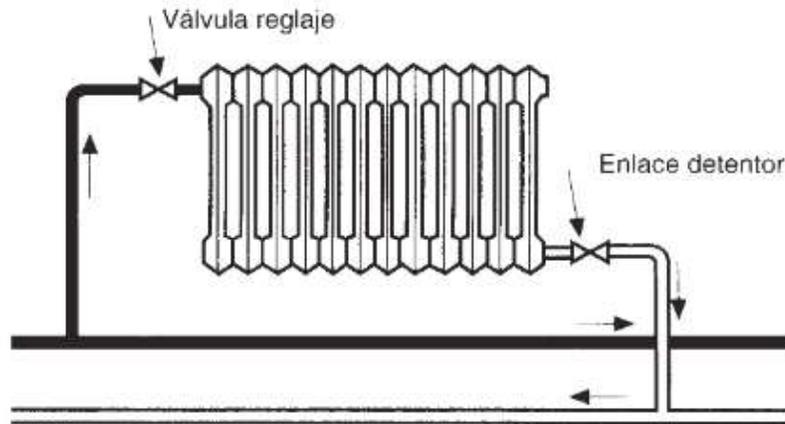
Se coloca además un **enlace detentor** como se muestra en la siguiente figura, instalado a la salida de cada radiador. Utilizando esta llave junto con la de reglaje, se puede desmontar el radiador sin vaciar la instalación.

Figura 1.22 Enlace detentor



Fuente: UPONOR. Aplicaciones de calefacción y climatización. Manual técnico sistema uponor de calefacción por radiadores. Disponible en: <http://www.construnario.com/diccionario/swf/26092/manuales%20t%C3%A9cnicos/calefacci%C3%B3n%20radiadores.pdf>

Figura 1.23 Válvula y enlace detentor en el sistema.



Fuente: UPONOR. Aplicaciones de calefacción y climatización. Manual técnico sistema uponor de calefacción por radiadores. Disponible en: <http://www.construnario.com/diccionario/swf/26092/manuales%20t%C3%A9cnicos/calefacci%C3%B3n%20radiadores.pdf>

Los diámetros de llaves y detentores se obtienen según la potencia del emisor, según la tabla adjunta:

Potencia emisor Kcal/h	F entrada/salida
< 1.500	3/8"
> 1.500	1/2"

Fuente: UPONOR. Aplicaciones de calefacción y climatización. Manual técnico sistema uponor de calefacción por radiadores. Disponible en: <http://www.construnario.com/diccionario/swf/26092/manuales%20t%C3%A9cnicos/calefacci%C3%B3n%20radiadores.pdf>

Como variante de las llaves de reglaje, pueden instalarse llaves termostáticas, las cuales permiten controlar la temperatura ambiente del local donde se encuentran.

Estas llaves pueden ser un componente de ahorro energético. Las llaves pueden ser rectas o de escuadra, según como se coloquen en la instalación.

De la misma manera se pueden utilizar cabezales termostáticos, o bien, actuadores electro térmicos comandados por termostatos o centralitas de regulación: [11]

Figura 1.24 Válvulas de radiador termostizables con caperuza de protección

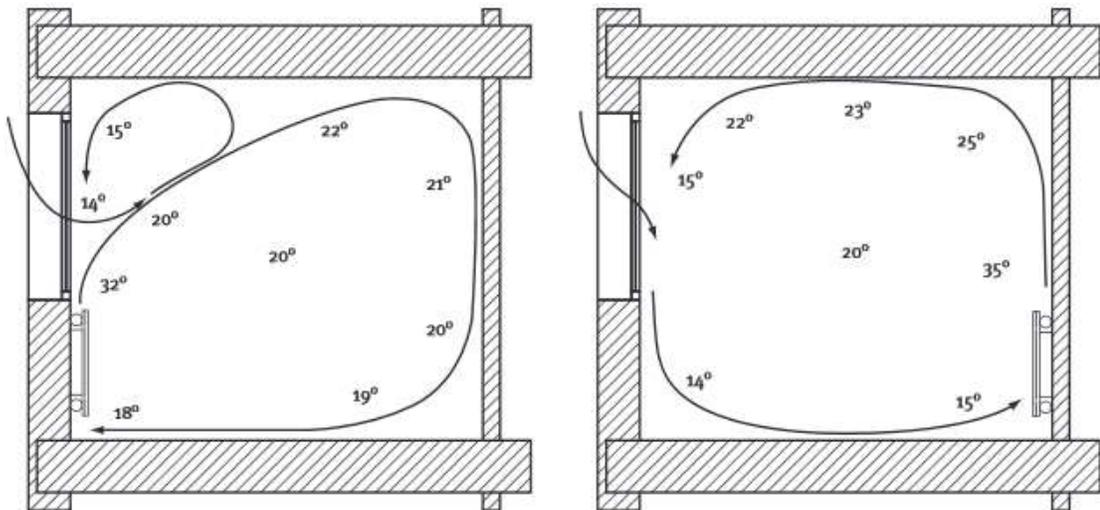


Fuente: UPONOR. Aplicaciones de calefacción y climatización. Manual técnico sistema uponor de calefacción por radiadores. Disponible en: <http://www.construnario.com/diccionario/swf/26092/manuales%20t%C3%A9cnicos/calefacci%C3%B3n%20radiadores.pdf>

2.6.7 Ubicación de los radiadores

Desde el punto de vista del confort, el lugar más apropiado para la instalación de los radiadores es en la pared más fría de cada habitación; esta pared es la exterior y el punto donde debe colocarse el radiador es debajo de la ventana, de este modo disminuye el efecto “pared fría” compensando la temperatura del radiador y la sensación de frío que producen las ventanas, siendo además más uniforme la distribución de temperaturas. Lo ideal es seleccionar radiadores de longitud similar a las ventanas.

Figura 1.25 Distribución de temperaturas según ubicación de los radiadores.



Fuente: IDAE. ATECYR. Guía Técnica: Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. 2007.

Reglamentariamente no hay obligación de colocar los radiadores en un punto concreto, por lo que pueden adoptarse otras soluciones en función de los espacios disponibles y de los mobiliarios previstos en cada local.

Debe respetarse una altura mínima entre el radiador y el suelo de 10 cm y una separación de las paredes de 4 cm en los radiadores por elementos y de 2,5 cm en los radiadores tipo panel, que son las condiciones de ensayo de los radiadores.

Los radiadores quedarán firmemente fijados a la pared donde se instalen, no pudiendo estar soportados directamente por las tuberías. Para ello se debe seleccionar el soporte adecuado al tipo de pared; en el caso de radiadores de hierro fundido puede, incluso, requerirse la utilización de una base.

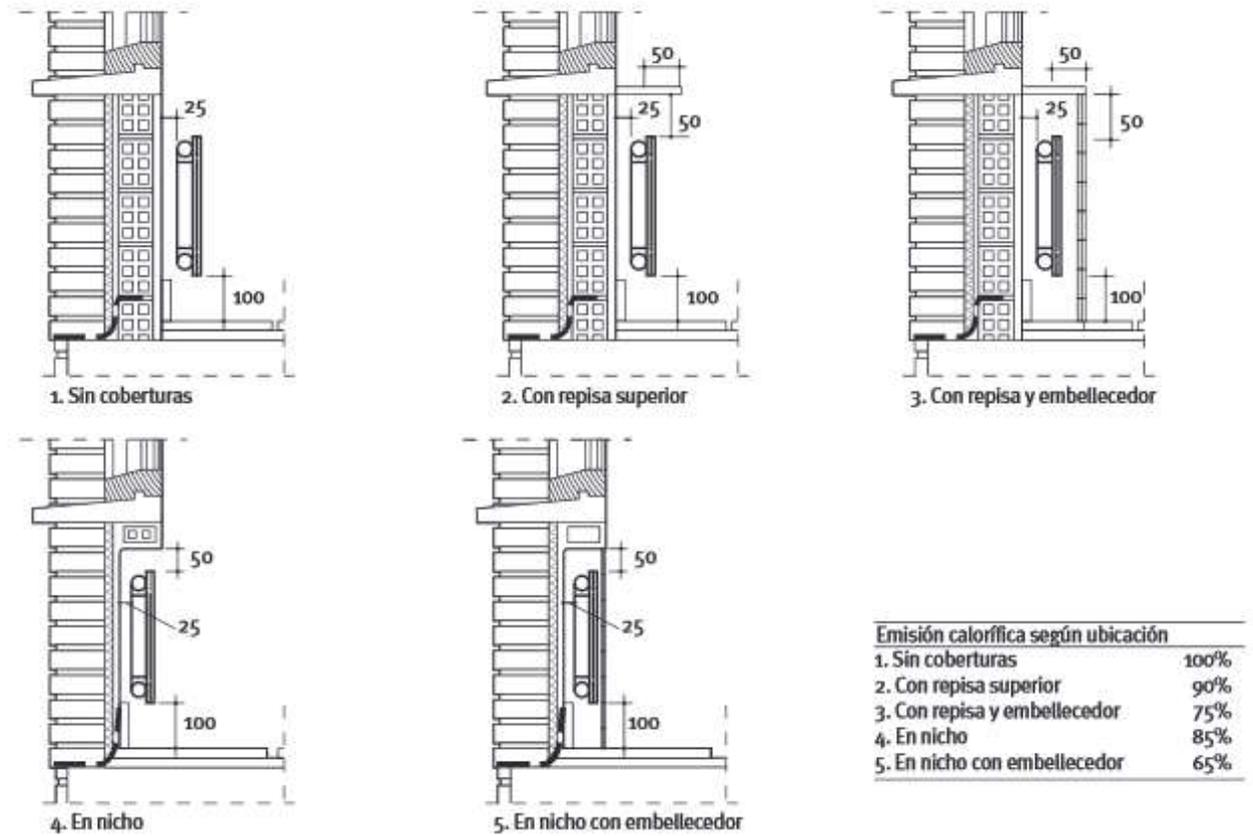
Se deben disponer los elementos necesarios para poder aislar cada radiador sin interrumpir el servicio al resto de la instalación, por ello dispondrán de válvula de reglaje, detentores, etc. También es necesaria la instalación de un purgador en cada radiador, de modo que se puedan evitar los problemas de aire dentro de los mismos.

Es aconsejable instalar el radiador libre de obstáculos que limiten su capacidad de emisión de calor, evitándose su instalación en nichos o la colocación de elementos cubrerradiadores; en todo caso debe guardarse una distancia mínima de 5 cm entre la parte superior del radiador y cualquier obstáculo.

Cuando se instalen en nichos es conveniente colocar un material aislante en la pared del mismo, con el fin de disminuir las pérdidas de calor hacia el exterior, ya que el nicho debilita térmicamente el cerramiento.

En la siguiente figura se dan los coeficientes de corrección de la emisión calorífica de los radiadores según el montaje empleado. [12]

Figura 1.26 Reducción de la emisión de calor de los radiadores según la forma de colocación de los mismos.

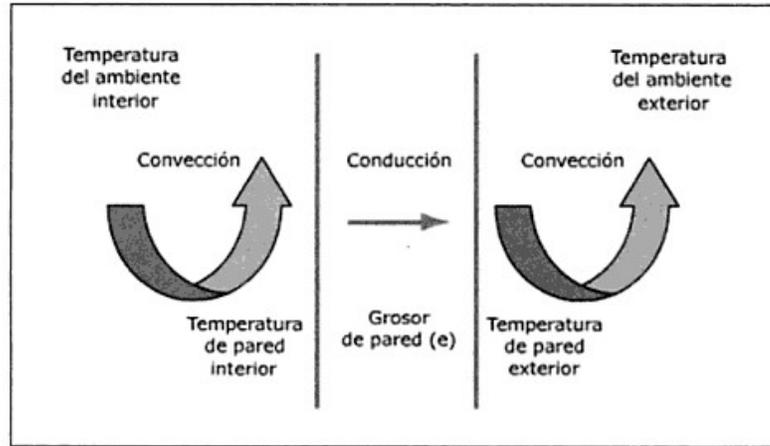


Fuente: IDAE. ATECYR. Guía Técnica: Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. 2007.

2.6.8 Conductancias.

Transmisión de calor en elementos constructivos. Para cualquier tipo de cerramiento, los mecanismos de transmisión de calor los podemos observar en la siguiente gráfica.

Figura 1.27 Transmisión de calor en un elemento constructivo simple.



Fuente: JUTGLAR, Luis. Miranda, Ángel Luis. Villarubia, Miguel. Manual de calefacción. Barcelona. Marcombo, 2011.

En primer lugar, la transmisión de calor por convección guiada por la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y la pared exterior, después, la transmisión de calor por conducción guiada por la diferencia de temperaturas entre la pared y la pared interior y, por último, la transmisión de calor por convección guiada por la diferencia de temperaturas entre la pared exterior y el ambiente (o aire) interior).

La resistencia térmica total de una pared simple (esto es, de un solo material constructivo) de espesor “e” y la conductividad térmica λ , de la anterior figura:

$$R_{\text{pared}} = R_{\text{conv.ext.}} + R_{\text{cond.}} + R_{\text{conv.int.}} \quad (22)$$

Donde las resistencias térmicas por convección fuera y dentro pueden definirse como:

$$R_{\text{conv.ext.}} = \frac{1}{h_e} \quad R_{\text{conv.inte.}} = \frac{1}{h_i} \quad (23)$$

Siendo h_e y h_i los coeficientes superficiales de transmisión de calor por convección (en $kcal/hm^2\text{°C}$ o $W/m^2\text{°C}$), que expresan la transmisión de calor por unidad de superficie en contacto con aire u otro fluido. Los valores de estas resistencias térmicas superficiales vienen dados por la tabla siguiente en función del sentido de flujo de calor.

Tabla 1.9 Resistencia térmica superficial del aire (convección, $R=1/h$) en $m^2h^{\circ}C/kcal$ ($m^2^{\circ}C/W$)

Posición del cierre y sentido del flujo de calor	Temperatura operativa mínima seca ($^{\circ}C$)					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local o cámara de aire		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
Cierres verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^{\circ}$ y flujo horizontal	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cierres horizontales o con pendiente sobre la horizontal $= < 60^{\circ}$ y flujo ascendente	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cierres horizontales y flujo descendente	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Fuente: JUTGLAR, Luis. Miranda, Ángel Luis. Villarubia, Miguel. Manual de calefacción. Barcelona. Marcombo, 2011.

Por lo tanto, la resistencia térmica total puede expresarse como:

$$R_{total} = \frac{1}{h_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_i} \quad [m^2/^{\circ}C/W] \quad (24)$$

Y la conductancia será su inversa:

$$K_{total} = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_i}} \left(\frac{W}{m^2^{\circ}C} \right) \quad (25)$$

Que nos expresará el flujo de calor por unidad de superficie y de tiempo y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes.

En el caso de que haya un cerramiento en pared formada por capas de diferentes materiales constructivos, la resistencia térmica total será la suma de las resistencias térmicas parciales de cada capa:

$$K_{total} = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_i}} = \frac{W}{m^2^{\circ}C} \quad (26)$$

Los diferentes valores de la conductividad térmica para algunos de los materiales constructivos más utilizados se pueden encontrar en la siguiente tabla [13]

Tabla 1.10 Conductividad térmica para materiales constructivos

Material	Densidad aparente (kg/m ³)	Conductividad térmica λ	
		Kcal/h m °C	(W/m °C)
ROCAS NATURALES			
Rocas y terrenos		3,00	(3,50)
Rocas compactas	2.500-3.000	2,00	(2,33)
Rocas porosas	1.700-2.500	1,20	(1,40)
Arena con humedad natural	1.700	1,80	(2,10)
Suelo coherente, humedad natural	1.800	0,80	(0,93)
Arcilla	2.100		
Materiales			
Arena.....	1.500	0,50	(0,58)
Grava.....	1.700	0,70	(0,81)
Escoria de carbón	1.200	0,16	(0,19)
PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES			
Revestimientos continuos			
Morteros de cal y bastardos	1.600	0,75	(0,87)
Mortero de cemento.....	2.000	1,20	(1,40)
Enlucido de yeso.....	800	0,26	(0,30)
Enlucido de yeso con perlita	570	0,16	(0,18)
Hormigones normales y ligeros			
Hormigón armado (normal).....	2.400	1,40	(1,63)
Hormigón con áridos ligeros.....	600	0,15	(0,17)

Material	Densidad aparente (kg/m ³)	Conductividad térmica λ	
		Kcal/h m °C	(W/m °C)
Hormigón con áridos ligeros	1.000	0,28	(0,33)
Hormigón con áridos ligeros	1.400	0,47	(0,55)
Hormigón celular con áridos silicios.....	600	0,29	(0,34)
Hormigón celular con áridos silicios.....	1.000	0,58	(0,67)
Hormigón celular con áridos silicios.....	1.400	0,94	(1,09)
Hormigón celular sin áridos	305	0,08	(0,09)
Hormigón en masa con grava normal:			
• con áridos ligeros	1.600	0,63	(0,73)
• con áridos ordinarios, sin vibrar.....	2.000	1,00	(1,16)
• con áridos ordinarios, vibrado	2.400	1,40	(1,63)
Horm. en masa con arcilla expandida.....	500	0,10	(0,12)
Horm. en masa con arcilla expandida.....	1.500	0,47	(0,55)
Fábrica de bloques de hormigón con juntas			
con ladrillos silicocalcarios macizos.....	1.600	0,68	(0,79)
con ladrillos silicocalcarios perforados.....	2.500	0,48	(0,56)
con bloques agujereados de hormigón.....	1.000	0,38	(0,44)
con bloques agujereados de hormigón.....	1.200	0,42	(0,49)
con bloques agujereados de hormigón.....	1.400	0,48	(0,56)

con bloques de hormigón celular curado vapor.....	600	0,30	(0,35)
con bloques de hormigón celular curado vapor.....	800	0,35	(0,41)
con bloques de hormigón celular curado vapor.....	1.000	0,40	(0,47)
con bloques de hormigón celular curado aire.....	800	0,38	(0,44)
con bloques de hormigón celular curado aire.....	1.000	0,48	(0,56)
con bloques de hormigón celular curado aire.....	1.200	0,60	(0,70)
Placas			
Cartón - yeso	900	0,16	(0,18)
Hormigón con fibra de madera	450	0,07	(0,08)
Placas de escayola	800	0,26	(0,30)
LADRILLOS Y PLAQUETAS			
Fábrica de ladrillo macizo	1.800	0,75	(0,87)
Fábrica de ladrillo perforado.....	1.600	0,65	(0,76)
Fábrica de ladrillo hueco	1.200	0,42	(0,49)
Plaquetas	2.000	0,90	(1,05)
CRISTAL Y METALES			
Cristal plano para acristalar	2.500	0,82	(0,95)
Fundición y acero.....	7.850	50	(58)
Cobre.....	8.900	330	(384)

Material	Densidad aparente (kg/m ³)	Conductividad térmica λ	
		Kcal/h m °C	(W/m °C)
Bronce.....	8.500	55	(64)
Aluminio.....	2.700	175	(204)
MADERA			
Maderas frondosas.....	800	0,18	(0,21)
Maderas de coníferas.....	600	0,12	(0,14)
Contrachapado.....	600	0,12	(0,14)
Tablón conglomerado de partículas.....	650	0,07	(0,08)
PLÁSTICOS Y REVESTIMIENTOS DE SUELOS			
Linóleo	1.200	0,16	(0,19)
Moquetas , alfombras	1.000	0,04	(0,05)
MATERIALES BITUMINOSOS			
Asfalto	2.100	0,60	(0,70)
Betún	1.050	0,15	(0,17)
Láminas bituminosas	1.100	0,16	(0,19)
MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS			
Arcilla expandida	300	0,073	(0,085)
Arcilla expandida	450	0,098	(0,114)
Conglomerado de corcho UNE 5690.....	110	0,034	(0,039)
Espuma elastomérica	60	0,029	(0,034)

Lana de vidrio:			
• Tipo I.....	10-18	0,038	(0,044)
• Tipo II.....	19-30	0,032	(0,037)
• Tipo III.....	31-45	0,029	(0,034)
• Tipo IV.....	46-65	0,028	(0,033)
• Tipo V.....	66-90	0,028	(0,033)
• Tipo VI.....	91	0,031	(0,036)
Lana mineral:			
• Tipo I.....	30-50	0,036	(0,042)
• Tipo II.....	51-70	0,034	(0,040)
• Tipo III.....	71-90	0,033	(0,038)
• Tipo IV.....	91-120	0,033	(0,038)
• Tipo V.....	121-150	0,033	(0,038)
Perlita expandida.....	130	0,040	(0,047)
Perliestireno expandido UNE 53310:			
• Tipo I.....	10	0,049	(0,057)
• Tipo II.....	20	0,038	(0,044)
• Tipo III.....	15	0,032	(0,037)

Material	Densidad aparente (kg/m ³)	Conductividad térmica λ	
		Kcal/h m °C	(W/m °C)
• Tipo IV.....	20	0,029	(0,034)
• Tipo V.....	25	0,028	(0,033)
Poliestireno extrusionado.....	33	0,028	(0,033)
Poliestireno reticulado.....	30	0,033	(0,038)
Polisocianurado, espuma de.....	35	0,022	(0,026)
Poliuretano conformado, espuma de			
• Tipo I.....	32	0,020	(0,023)
• Tipo II.....	35	0,020	(0,023)
• Tipo III.....	40	0,020	(0,023)
• Tipo IV.....	80	0,034	(0,040)
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de			
• Tipo I.....	35	0,020	(0,023)
• Tipo II.....	40	0,020	(0,023)
Urea formol, espuma de.....	10-22	0,029	(0,034)
Urea formol, espuma de.....	12-14	0,030	(0,035)
Vermiculita expandida.....	120	0,030	(0,035)
Cristal celular.....	160	0,038	(0,044)

Fuente: JUTGLAR, Luis. Miranda, Ángel Luis. Villarubia, Miguel. Manual de calefacción. Barcelona. Marcombo, 2011.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



El Hotel Grand House es un miembro de la casa LUXE WORLDWIDE HOTELS, la colección de hoteles de lujo más grande en el mundo, se posiciona en Bogotá como el hotel donde sus huéspedes se sienten como en casa. Con una cultura enfocada al servicio es la elección perfecta para todos los viajeros exigentes que quieran vivir una experiencia segura, amable y gratificante. El concepto del proyecto incluye una política verde del uso eficiente y racional de los recursos energéticos que se refleja en la arquitectura y el diseño del edificio.

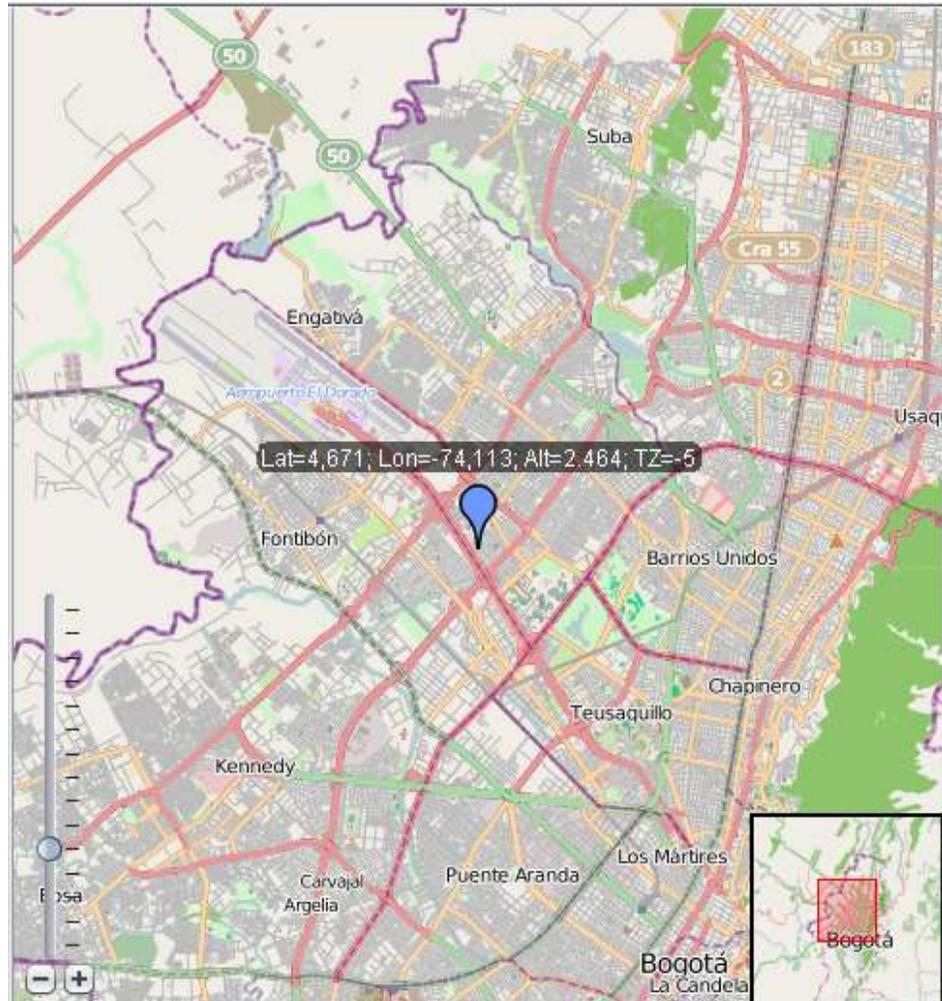
Con el fin de apoyar la optimización e implementación de medidas de ahorro de energía, se propone una alternativa en soluciones de calentamiento de agua aprovechando la energía del sol para generar calor mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos, usando como sistema de apoyo o respaldo una caldera eficiente a Gas Natural.

Específicamente el arreglo de energía solar térmica con apoyo de una caldera a gas de alta eficiencia está comprobado por su función y eficiencia millones de veces a nivel mundial y cumple perfectamente la política del proyecto, teniendo un impacto económico positivo en los gastos en energía del hotel.

3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Hotel Grand House está ubicado en la Carrera 18 # 93-97 en la ciudad de Bogotá. En una zona donde hay interconexión a la red de gas natural.

Figura 2.1 Localización del proyecto



Fuente: Localización del proyecto. Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

3.3 INFRAESTRUCTURA

El Hotel Grand House cuenta con cuatro tipos de habitaciones y suites: Superior Deluxe, Junior Suite, Executive Suite y Grand House Suite, con un total de 64 habitaciones. El hotel presta el servicio de restaurante, lavandería y spa. La tasa de ocupación promedio es de 70% para las habitaciones, la ocupación máxima de las habitaciones es de 128 personas. El sistema de calefacción se instalará en cada una de las habitaciones.

Se propone instalar para el hotel un sistema de calefacción cuya necesidad de calor se ha suministrado por el sistema de calderas existente y complementado con el uso de energía solar, para evitar la instalación de más calderas. Actualmente el sistema de calderas está siendo utilizado únicamente para la generación de agua caliente sanitaria (ACS).

La demanda promedio diaria de agua caliente se calcula de 6,476 m³

Con el fin de utilizar el mismo sistema de calderas para ambos usos: ACS y Calefacción. Se puede llegar a una simultaneidad de calefacción de habitaciones de 70%, como su nivel máximo, siempre y cuando no haya una necesidad de agua caliente. El sistema se diseña de la manera que el ACS tenga prioridad.

El sistema solar térmico se dimensiona para el caso de ocupación promedio, para evitar un sobredimensionamiento del sistema que puede generar a parte de las desventajas económicas y exceso de generación de energía. En caso de una ocupación máxima, la caldera está dimensionada adecuadamente para abastecer la necesidad.

3.4 CONSUMO SISTEMA PROPUESTO

El cálculo del consumo diario considera el uso de duchas ahorradoras.

Consumo diario de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Caso ocupación promedio

Áreas de consumo	Cantidad	Personas	Litros por persona por día	Tasa de ocupación	Necesidad ACS
Habitaciones dobles	64	2	60*	70%	5.376
Restaurante					900
Bar					200
TOTAL					6.476

Caso de ocupación máxima

Áreas de consumo	Cantidad	Personas	Litros por persona por día	Tasa de ocupación	Necesidad ACS
Habitaciones dobles	64	2	60*	100%	7.680
Restaurante					900
Bar					200
<i>10% Margen de seguridad</i>					878
TOTAL					9.658

Caudal máximo de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Duchas	Gal/h/ducha	Total	Factor uso	Caudal edificio [Gal/h]	Caudal edificio [L/h]
70 Cantidad: 64 Extras: 6 64+6	120 Valor obtenido por ajuste	8400 70*120	0,7	5.880 8400*0,7	22.256 Conversión Galón a Litro. 1 galón = 3,7854

Caudal máximo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) en el sistema: 22.300 Litros/hora

gal/min	Litros/min 55°C	Litros/min 40°C	Minutos de ducha
2	7,57	10,40875	7,926023778
(Gal/h/ducha)/(60) 120/60	Conversión Galón a Litro. 1 galón = 3,7854	(7,57*55)/40	[Litros por persona por día]/ [Litros/min 55°C]

De acuerdo a los minutos de ducha arrojados y a las necesidades de ACS. El Hotel Grand House se encuentra con el tiempo correcto ya que está ubicado en una ciudad con un temperatura ambiente alta, si el caso fuera en un hotel situado en la zona costera el tiempo aumentaría aproximadamente a 10 minutos de ducha.

Observaciones.

***Cálculo del sistema de acumulación.** Siempre va a ser necesario disponer de un volumen de acumulación solar. Y en los casos en los que el sistema de apoyo

no sea de producción instantánea, será también imprescindible contar con un sistema de acumulación de apoyo.

Con respecto a la superficie de captación solar debe considerarse como criterio la relación:

$$60 \leq M/A \leq 100$$

Donde A es el área de captadores en m² y M la carga de consumo en litros/día.

Para la determinación de estos datos de consumo diario para cada instalación, puede contarse con el apoyo de las recomendaciones del IDAE. Si se requiere disponer de datos más específicos para aplicaciones concretas puede considerarse la siguiente tabla, a nivel de aproximación:

Tabla 2.1 Demanda de referencia a 45°C

Consumos según el uso	consumo unitario (l/día)
Vivienda	40 por persona
Hospitales y clínicas	80 por persona
Ambulatorio y centro de salud	60 por persona
Hotel *****	100 por persona
Hotel ****	80 por persona
Hotel ***	60 por persona
Hotel/hostal **	50 por persona
Hotel/pensión *	40 por persona
Camping	30 por persona
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	60 por persona
Centro penitenciario	40 por persona
Albergue	35 por persona
Vestuarios/duchas colectivas	30 por persona
Escuela sin duchas	6 por persona
Escuela con duchas	30 por persona
Cuarteles	40 por persona
Fábricas y talleres	30 por persona
Oficinas	3 por persona
Gimnasios	30 por persona
Lavanderías	3 a 5 por kilo de ropa
Restaurantes	12 por persona
Cafeterías	2 por persona

Fuente: SALGADO, José Ma. Fernández. Guía completamente de la energía solar térmica y termoelectrónica. (Adaptada al código técnico de la edificación y al nuevo RITE). A. Madrid Vicente, ediciones. Madrid. 2008.

No obstante, como punto de partida, en instalaciones de producción de agua caliente sanitaria en las que no se disponga de datos, se podrán utilizar para el cálculo de la carga de consumo los valores siguientes como referencia:

- Instalaciones unifamiliares: 40 L por persona y día
- Instalaciones multifamiliares: 30 L por persona y día.
- Instalaciones hospitalarias: 80 L por cama y día.
- Instalaciones hoteleras y residencias de categoría superior o igual a 3 estrellas: 80 L por persona y día.
- Instalaciones de duchas colectivas: 20 L por uso de ducha y día.
- *Instalaciones de duchas: 60 L por persona y día.[14]*

3.5 DIMENSIONAMIENTO DE BOSCH

El dimensionamiento de Bosch es una hoja de cálculo en donde se encuentra la ubicación del proyecto, la temperatura ambiente, altitud, entre otros. Estos datos son necesarios para poder determinar el número de calderas y la capacidad de los tanques de apoyo.

Dimensionamiento de THERM8000S



Innovación para tu vida

Ubicación del proyecto.

Ciudad	Temperatura ambiente (°C)	Altitud (m.s.n.m)	Temperatura tanque (°C)	Delta de temperatura (°C)
Bogotá	14,5	2600	60	45

Potencia (KW)	Caudal x Therm (Lt/min)	Caudal x Therm (Gal/h)
180	56	888

Simultaneidad escogida
70%

Tipo	Simultaneidad
Residencial	60%
Hotel	80%

Puntos de suministro

Descripción	Cantidad
Lavamanos	
Duchas	65
Lavaderos	
Lavaplatos	
Lavadoras	
Tinas	
Jacuzzi	

Caudal (L/min)	10
Tiempo ducha (min)	7
Litraje a cubrir	1784
Galones a cubrir	472
Temperatura ducha (°C)	40

Caudal frio necesario	4,40
Caudal caliente necesario	5,60
Volumen caliente (L)	1784
Volumen caliente (gal)	472

Porcentaje Tanque (60°C)	100%
Tiempo Calentamiento Tanque (min)	60

Solución.

Cantidad Therm 8000 S

Therm 8000s + Acumulación Tanque (Gal)

Aproximar
5 Calderas

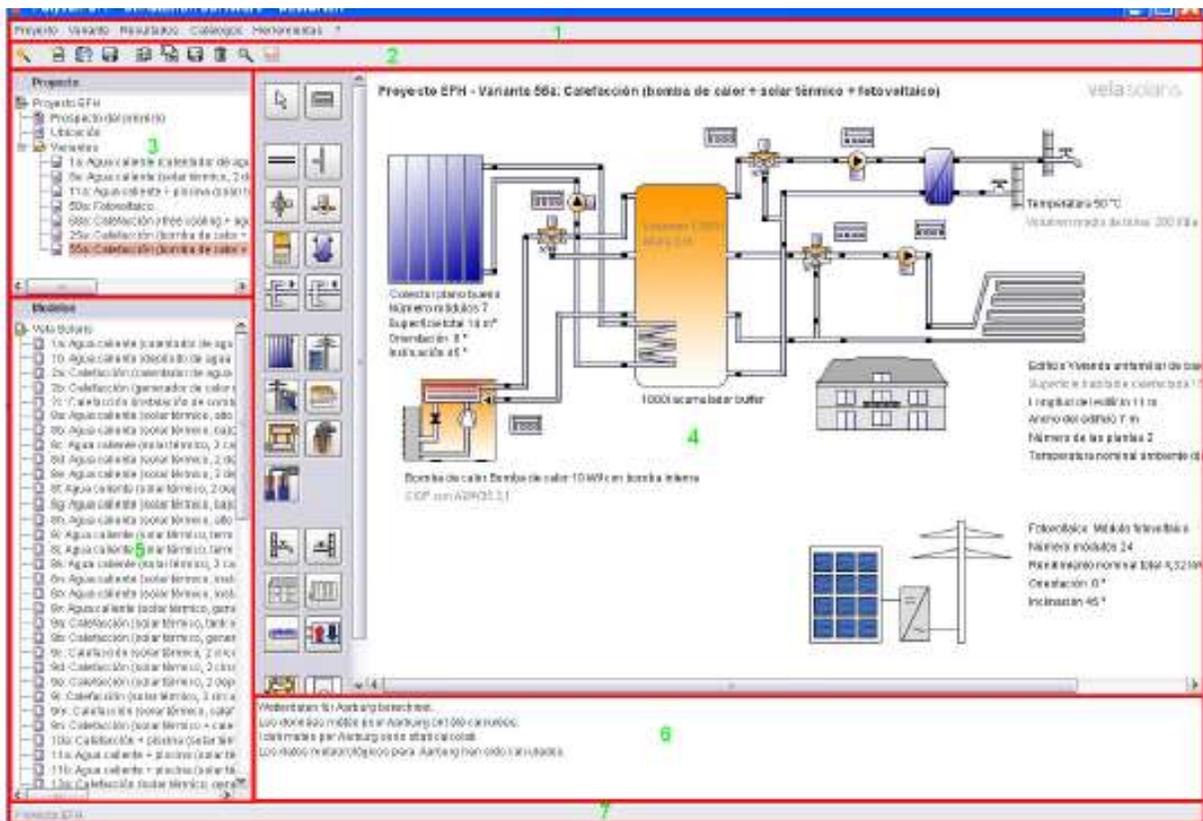
Tanque
500 l.

Fuente: Suministrado por BOSCH, Company.

3.6 SIMULACION EN POLYSUN 6.0 – SOLARTHERMAL SIMULATION

Polysun es un programa para la simulación de instalaciones solares térmicas, fotovoltaicas y geotérmicas, también para instalaciones combinadas. Por medio de este programa podemos obtener:

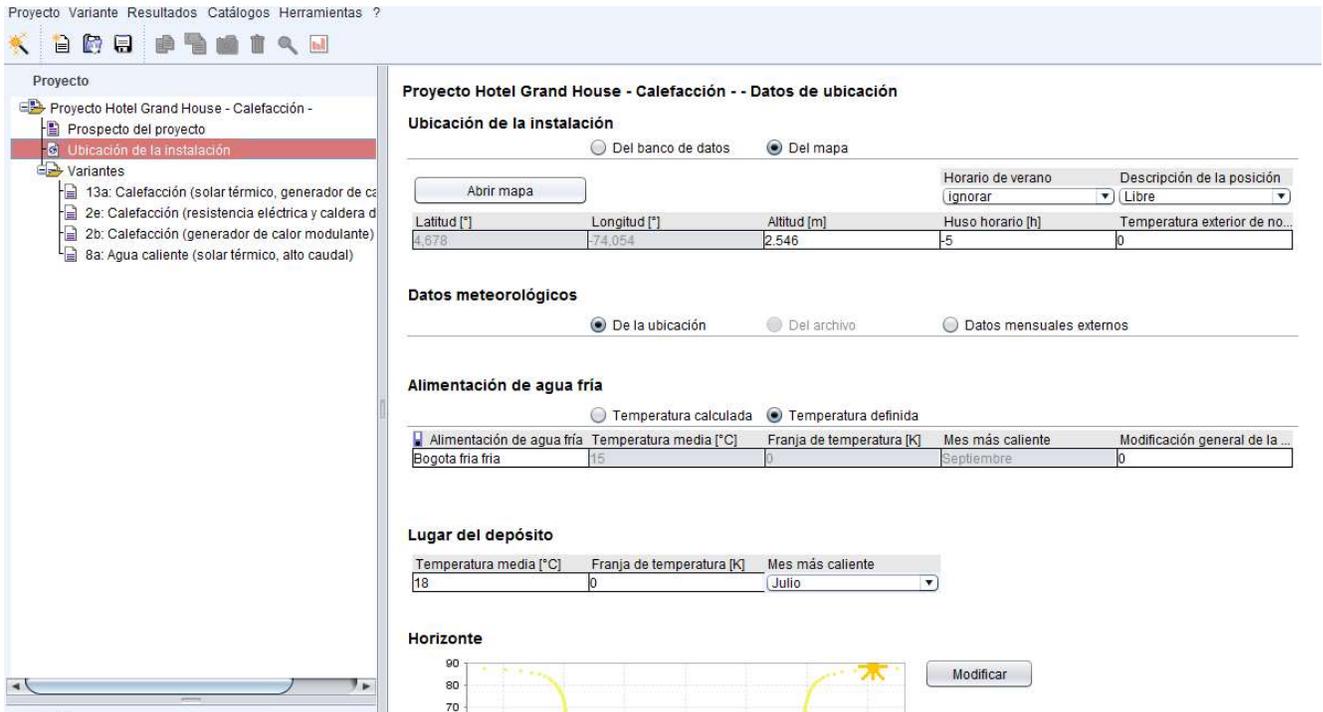
- Perfiles de consumo en intervalos temporales de 15 minutos
- Herramienta para la ubicación de los módulos fotovoltaicos en cubierta: mayor facilidad de uso, por ejemplo gracias a la visualización de las coordenadas de la cubierta y a la integración en el asistente de dimensionado
- Bombas de calor de dos niveles
- Modelo de simulación para cogeneradores
- Instalaciones fotovoltaicas aisladas
- Ampliación del componente batería (regulación carga batería, duración batería)
- Introducción valores mensuales de necesidades de calefacción



- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Barra menú | 5. Listas modelos |
| 2. Toolbar | 6. Ventana de estado |
| 3. Datos del proyecto | 7. Barra de estado |
| 4. Área de trabajo | |

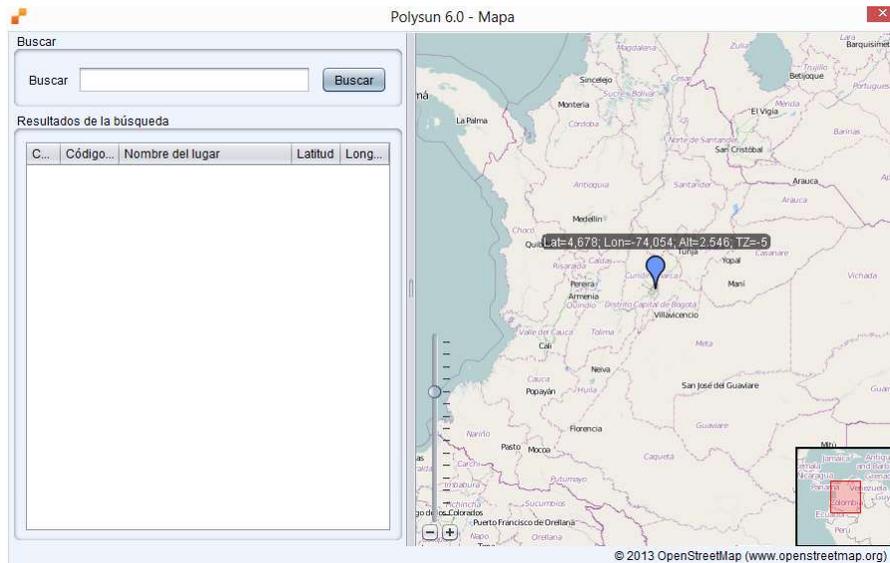
Para la creación de un nuevo proyecto se debe definir nombre del proyecto y ubicación (seleccionar primero el continente, luego el país y por último la ubicación). En caso de que la ubicación deseada no esté en la lista, desde la versión “Professional” es posible crear una nueva ubicación.

Figura 2.2 Ubicación de la instalación



Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Figura 2.3 Mapa

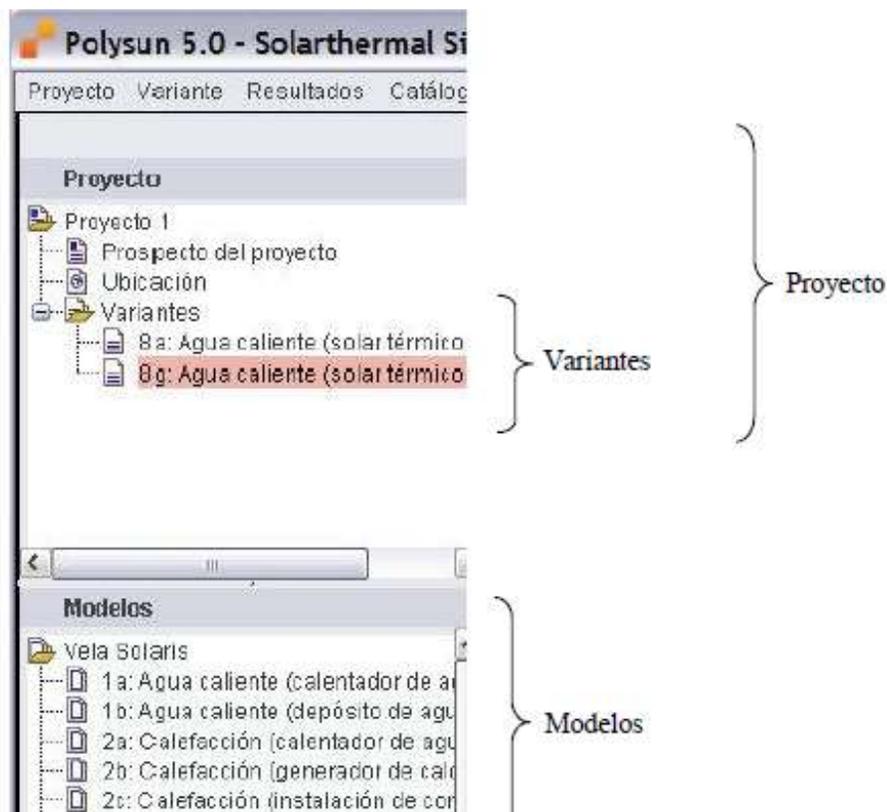


Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Para la creación de un nuevo proyecto, Polysun especifica las indicaciones sobre la localidad y los usuarios de la instalación solar. Además, cuenta con diferentes variantes.

La variante especifica todos los componentes y las conexiones de la instalación solar. De igual manera, se tiene a disposición una serie de modelos predefinidos. Los modelos se pueden introducir en el proyecto, luego se nombran en variantes y se pueden simular y modificar.

Figura 2.4 Carpetas del proyecto, de las variantes y de los modelos.



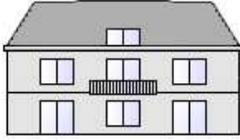
Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

3.6.1 Necesidades.

Definir los valores. Con un doble click sobre cada ilustración que se encuentre en el programa, se puede modificar sus valores y ajustarlos a las necesidades.

Ajustar los valores que se encuentran en cada una de las ilustraciones de acuerdo a lo requerido en el proyecto. Cada ilustración tiene un catálogo, en el cual se puede seleccionar, modificar o crear un nuevo ítem.

3.6.2 Edificio



Edificio: Hotel Grand House
Superficie habitable calefactada/refrigerada: 2.070 m²
Longitud del edificio: 23 m
Ancho del edificio: 15 m
Número de las plantas: 6
Temperatura nominal ambiente (día): 22 °C

- Longitud del edificio: 23 m
- Ancho del edificio: 15 m
- Numero de las plantas: 6
- Altura de las habitaciones: 2,5 m
- En la pestaña Ausencias = Nunca. Es debido a que el consumo del hotel es continuo y no existe ninguna parada del sistema.
- Temperatura nominal ambiente (día – nocturna). Depende de la ciudad en donde se encuentre el proyecto. Día: 22°C Nocturna: 18°C

*Cada uno de estos valores se tomó de los planos que nos suministró el Hotel Grand House.

Figura 2.5 Edificio

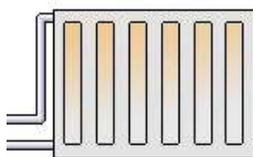
The screenshot shows the Polysun 6.0 software interface. On the left, a table lists various building types with their U-values and catalog numbers. The 'Hotel Grand House' is selected at the bottom of this list. On the right, a detailed parameter table for the selected building is shown, including energy needs, dimensions, and ambient temperatures. A 3D schematic of the building is also visible, with dimensions A, B, C, and D corresponding to the parameters in the table.

N° catálogo	Nombre	Valor U del edificio [WK/m ²]	C
25	Norma japonesa Hybrid Z	0,45	3
26	Edificio de bajo consumo (EE.UU.)	0,3	3
27	Edificio normal (EE.UU.)	0,7	7
28	SouthEurope_office	0,8	8
29	SouthEurope_school	0,8	8
30	Edificio BDH/BSW, necesidades de calef...	0,35	8
31	Vivienda unifamiliar construida en los añ...	0,8	8
32	Vivienda unifamiliar según WSchVO 1995	0,5	8
33	Vivienda unifamiliar según EnEV 2002	0,4	6
34	Vivienda unifamiliar según EnEV 2009	0,34	5
35	Vivienda unifamiliar con estándar de aisl...	0,29	4
36	Vivienda unifamiliar con estándar de aisl...	0,24	4
37	Vivienda unifamiliar con estándar de aisl...	0,19	3
38	Vivienda unifamiliar pasiva (Alemania)	0,17	3
39	Vivienda plurifamiliar construida en los a...	1,06	1
40	Vivienda plurifamiliar según WSchVO 1995	0,67	9
41	Vivienda plurifamiliar según EnEV 2002	0,53	8
42	Vivienda plurifamiliar según EnEV 2009	0,45	7
43	Vivienda plurifamiliar con estándar de ais...	0,39	6
44	Vivienda plurifamiliar con estándar de ais...	0,32	4
45	Vivienda plurifamiliar con estándar de ais...	0,25	4
46	Vivienda plurifamiliar pasiva (Alemania)	0,23	3
0	Edificio multifamiliar, Bosque el Pinos	0,6	8
0	Edificio 7577	0,6	1
0	Hotel Grand House	0,6	7

Nombre	Valor	Unidad
Descripción		
¿Necesidades energéticas conocid...	No	
¿Carga térmica/frigorífica específica...	No	
Edificio	Hotel Grand House	
- N° catálogo	0	
- Valor U del edificio	0,6	WK/m ²
A Longitud del edificio	23	m
B Ancho del edificio	15	m
Número de las plantas	6	
Superficie habitable calefactada/refri...	2.070	m ²
C Altura de las habitaciones	2,5	m
D Orientación del edificio	0	°
Sombreado	No	
Ventilación natural	No	
Ausencias	Nunca	
Recuperación térmica	0	%
Temperatura nominal ambiente (día)	22	°C
Temperatura nominal ambiente (noc...	18	°C

Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

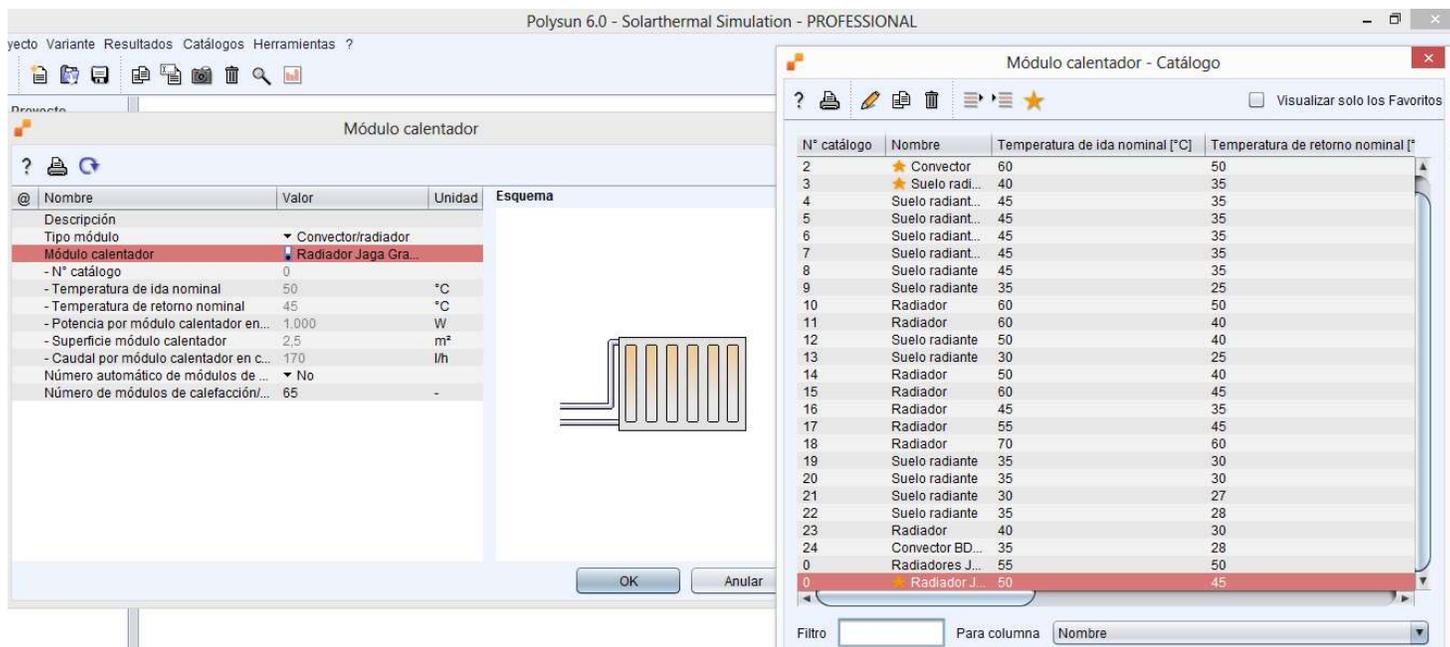
3.6.3 Modulo calentador



- *Tipo módulo: Convector/Radiador*
- *Modulo calentador: Radiador Jaga*
- *Numero automático de módulos de calefacción*
- *Numero de módulos de calefacción: 65*

*El tipo de modulo calentador que se seleccionó es de acuerdo a las dimensiones y necesidades del Hotel Grand House.

Figura 2.6 Modulo calentador



Polysun 6.0 - Solarthermal Simulation - PROFESSIONAL

Módulo calentador - Catálogo

N° catálogo	Nombre	Temperatura de ida nominal [°C]	Temperatura de retorno nominal [°C]
2	★ Convector	60	50
3	★ Suelo radi...	40	35
4	Suelo radiant...	45	35
5	Suelo radiant...	45	35
6	Suelo radiant...	45	35
7	Suelo radiante...	45	35
8	Suelo radiante	45	35
9	Suelo radiante	35	25
10	Radiador	60	50
11	Radiador	60	40
12	Suelo radiante	50	40
13	Suelo radiante	30	25
14	Radiador	50	40
15	Radiador	60	45
16	Radiador	45	35
17	Radiador	55	45
18	Radiador	70	60
19	Suelo radiante	35	30
20	Suelo radiante	35	30
21	Suelo radiante	30	27
22	Suelo radiante	35	28
23	Radiador	40	30
24	Convector BD...	35	28
0	Radiadores J...	55	50
0	★ Radiador J...	50	45

Detalle de configuración del Módulo calentador:

Nombre	Valor	Unidad	Esquema
Descripción			
Tipo módulo	▼ Convector/radiador		
Módulo calentador	▼ Radiador Jaga Gra...		
- N° catálogo	0		
- Temperatura de ida nominal	50	°C	
- Temperatura de retorno nominal	45	°C	
- Potencia por módulo calentador en...	1.000	W	
- Superficie módulo calentador	2.5	m²	
- Caudal por módulo calentador en c...	170	l/h	
Número automático de módulos de ...	▼ No		
Número de módulos de calefacción/...	65	-	

Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

3.6.4 Regulación de la calefacción.



- *Activación de circuito de calefacción.* Temperatura en la que el sistema de calefacción se activa. 21°C
- *Entradas y salidas regulación.* Dependen de la capa más alta y el caudal nominal.
- *Tiempo de funcionamiento.* Se encuentra activo todos los meses y días del año debido a que no hay interrupciones ni pausas en el sistema.

Figura 2.7 Regulación de la calefacción

Regulación de la calefacción

Nombre	Valor	Unidad
Activación del circuito de calefacción	21	°C
Histéresis de encendido	0	dT(°C)
Histéresis de apagado	3	dT(°C)

Entradas regulación		
Nombre	Valor	Unidad
Temperatura exterior	Zona externa: Temperatura exterior media	°C
Temperatura ambiente nomi...	Edificio: Temperatura nominal ambiente	°C
Temperatura ambiente efecti...	Edificio: Temperatura	°C
Caudal nominal	Módulo calentador: Caudal nominal total de to...	l/h
Temperatura nominal variable	Módulo calentador: Temperatura de ida nomin...	°C
Nivel temperatura superior	Tubo 21: Temperatura	°C
Nivel temperatura inferior	Tubo 24: Temperatura	°C

Salidas regulación		
Nombre	Valor	Unidad
Estado bomba	Bomba circuito de calefacción: Estado	%
Estado conmutación 2 (opcional)		
Caudal definido	Bomba circuito de calefacción: Caudal	l/h
Válvula mezcladora (opcional)	Válvula de tres vías Válvula mezcladora circ...	%

Tiempos de funcionamiento Temporizador Perfil con interruptor

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom																	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																	
ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic												
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓												

OK Anul

Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

3.6.5 Regulación de la calefacción auxiliar. (Control caldera)



- *Temperatura depósito de encendido y apagado.* La temperatura que debe tener el depósito tanto en el encendido y apagado es de 60°C debido a que es la temperatura que se debe alcanzar para que no se produzca la bacteria Legionella.
- *Temperatura máxima del depósito.* 100°C
- *Entradas y salidas regulación.* Dependen de la capa más alta y el caudal nominal.
- *Tiempo de funcionamiento.* Se encuentra activo todos los meses y días del año debido a que no hay interrupciones ni pausas en el sistema.

Figura 2.8 Regulación de la calefacción auxiliar

Polysun 6.0 - Solarthermal Simulation - PROFESSIONAL

Regulación de la calefacción auxiliar

@	Nombre	Valor	Unidad
	Descripción		
	Relación lógica sondas temperatura...	▼ Ninguna	
	Referencia por sondas temperatura 1	▼ Valor fijo	
	Temperatura depósito de encendido 1	60	°C
	Temperatura depósito de apagado 1	60,5	°C
	Ignorar temporizador de la bomba d...	▼ No	
	Tiempo de ejercicio mínimo	0	mín.
	Tiempo de parada mínimo	0	mín.
	Temperatura máxima del depósito	100	°C

Entradas regulación		
Nombre	Valor	Unidad
Capa sonda encendido 1	Tubo 21: Temperatura	°C
Capa sonda apagado 1	Tubo 21: Temperatura	°C
Caudal generador de calor	Tubo 11: Caudal	l/h
Temperatura de entrada generador de calor	Tubo 11: Temperatura	°C
Caudal definido 2, estado de conmutación		l/h

Salidas regulación		
Nombre	Valor	Unidad
Estado calefacción	Caldera: Estado	%
Estado conmutación (opcional)	Caldera: Estado	%
Potencia controlada generador de calor (o...	Caldera: Energía desde/al siste...	kWh
Estado bomba de carga (opcional)		
Estado bomba del circuito de calefacción ...		
Caudal controlado 2, estado de conmutac...		l/h

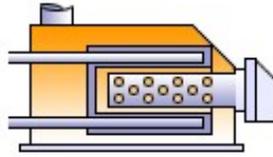
Tiempos de funcionamiento Temporizador Perfil con interruptor

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom																	
☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑																	
ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic												
☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑												

OK Anular

Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

3.6.6 Caldera.



El número de calderas que se utiliza en la simulación se obtuvo por medio del dimensionamiento de Bosch teniendo en cuenta la potencia de la caldera dependiendo del lugar en el que se encuentre situado el proyecto ya sea en Bogotá o en la zona costera.

- *Bogotá.* 40 kW. 2600 msnm
- *Zona costera.* 52.5 kW. 0 msnm

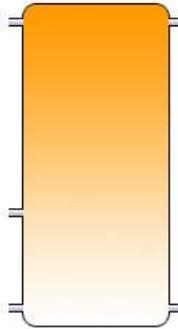
En este caso. Numero de calderas * potencia = 5 calderas * 40 kW = 200 kW

Figura 2.9 Caldera

N° catálogo	Nombre	Productor	Potencia [kW]	Potencia mínima [kW]
637	TM 15	Walter Meier (Klima Schweiz)...	14,5	5
671	MCR 18S	Walter Meier (Klima Schweiz)...	18	5,5
702	Innovens MCA 15	Walter Meier (Klima Schweiz)...	15	3,1
703	Innovens MCA 25	Walter Meier (Klima Schweiz)...	25	5,2
704	Innovens MCA 35	Walter Meier (Klima Schweiz)...	33,5	8,2
705	Innovens MCA 45	Walter Meier (Klima Schweiz)...	41,2	8,2
706	Innovens MCA 65	Walter Meier (Klima Schweiz)...	62	12,2
707	Innovens MCA 90	Walter Meier (Klima Schweiz)...	86	14,6
708	Innovens MCA 115	Walter Meier (Klima Schweiz)...	111	17,2
714	GTU 225-1C	Walter Meier (Klima Schweiz)...	49	39,1
715	GTU 225-2C	Walter Meier (Klima Schweiz)...	49	39,1
716	GTU 226-1C	Walter Meier (Klima Schweiz)...	65,6	48,8
717	GTU 226-2C	Walter Meier (Klima Schweiz)...	65,6	48,8
718	GTU 227-C	Walter Meier (Klima Schweiz)...	83,6	65,2
719	Calentador de agua instantáneo eléctrico 200kW	Anónimo	200	5
0	Cuatro Calderas de Paso Bosch Therm 8000 S, Potencia Modulada, 20...	Anónimo	200	7,5
0	catorce calderas therm 8000 S, potencia controlada, 750 kWh	Anónimo	750	8
0	Once Bosch Therm 8000 S, Potencia variable 550 kW	Anónimo	550	8
0	2XBosch Gb 142 60 kW	Anónimo	280	12
0	7 Calderas Therm 8000s, a 2600 msnm	Anónimo	280	7,5
0	Caldera Referencia 50 kW	Anónimo	50	7
0	Dos Calderas BoschTherm 8000s, Altura 700 msnm	Anónimo	104	7,5
0	Caldera Referencia GLP 150 Kw	Anónimo	150	35
0	5 Calderas Therm 8000s a 2600 msnm	Anónimo	200	7,5
0	Referencia Calderas Hotel Grand House	Anónimo	210	5

Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

3.6.7 Depósito acumulador solar.



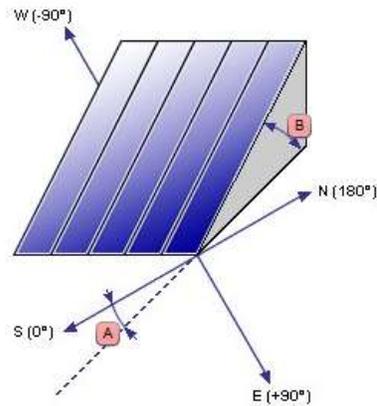
- *Ambiente.* Interior. Depende de los planos de edificación. Si hay cuarto de máquinas o en donde van a ser instalados los equipos.
- En el catálogo, escogemos la referencia y corroboramos el volumen del tanque.
- *El dimensionamiento del depositito acumulador solar*
 $1000 \text{ galones} \times 1 \text{ cantidad} \times 3,785 = 3785$

Figura 2.10 Depósito acumulador solar

N° catálogo	Nombre	Productor	Volumen [l]	Altura [m]
0	Acumulador Solar 8000 L	Anónimo	8.000	2
0	Dos tanques de referencia 2 x 300 Gal	Anónimo	2.271	2,2
0	Deposito ACS, 2x 400 Gal	Anónimo	3.028	2,1
0	Tanque de referencia 2 x 400 Gal	Anónimo	3.028	2,2
0	Acumulador Solar 2 x 600 Gla	Anónimo	4.542	2,2
0	acumulador solar 500 GAL	Anónimo	1.892,5	2,2
0	Tanque Acumulador Solar 2x600 Gal	Anónimo	4.542	2,2
0	Acumulador Solar 2x800 Gal	Anónimo	6.056	2,2
0	Acumulador Solar 2x900 Gal	Anónimo	6.813	2,2
0	Acumuladores Solares 2x 600 Gal	Anónimo	4.542	2,2
0	Acumulador solar con resistencias 200 kW	Anónimo	7.000	2
0	Acumuladores Solares 2 x 1500 Gal	Anónimo	11.355	2,2
0	Acumulador ACS 2 x 500 Gal	Anónimo	3.785	2,2
0	Acumulador ACS 2x300 Gal	Anónimo	2.271	2,2
0	Acumuladores ACS 2x800 Gal	Anónimo	6.056	2,2
0	Acumuladores ACS 2x700 Gal	Anónimo	5.300	2,2
0	Acumulador solar 250 GAL	Anónimo	1.000	2,2
0	Acumuladores ACS 2x750 Gal	Anónimo	5.700	2,2
0	Tanque de referencia 2 x 700 Gal	Anónimo	5.299	2,2
0	Acumulador Solar 1x800 Gal	Anónimo	3.028	2,2
0	Acumulador solar 800Gal	Anónimo	3.024	2,2
0	Acumulador Solar 1000 Gal	Anónimo	3.785	2,2
0	Acumuladores Calderas / Solar 2 x 800	Anónimo	6.056	2,2
0	Acumuladores calderas / Solar 2 x 1000	Anónimo	7.570	2,2
0	Acumuladores ACS y calderas 2x800 Gal , 300 Gal solar	Anónimo	6.056	2,2

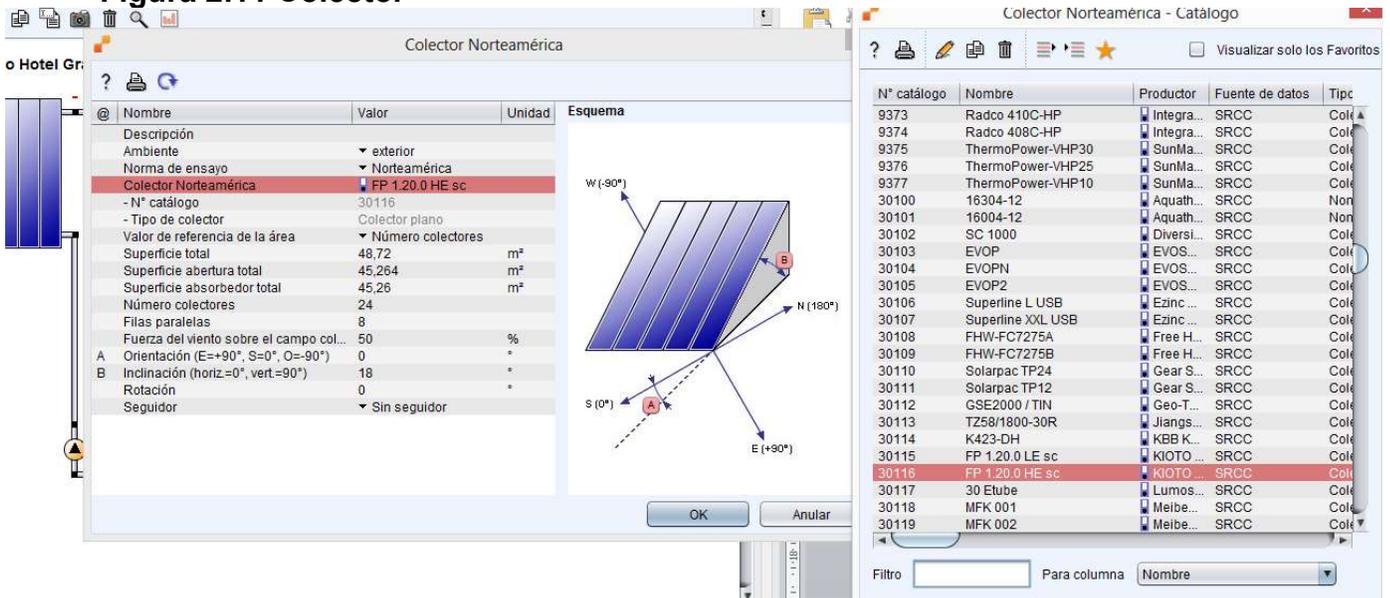
Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

3.6.8 Colector.



- *Ambiente.* Exterior
- *Norma de ensayo.* Norteamérica
- *Colector Norteamérica.* Seleccionado por las características del lugar para la zona costera KIOTO, productor de colectores, se usa la referencia de NEPTUNE es apto para esta zona. Y para las demás zonas del país de utiliza la referencia FP 1.20.0 HE SC.
- *Numero de colectores.* El número adecuado para obtener una fracción solar que soporte el sistema solar. 24 colectores.
- *Superficie total.* Superficie total de todos los módulos. 48,72 m²
- *Orientación.* 0°
- *Inclinación.* Dependiendo de la ubicación del lugar. 18°
- *Rotación.* 0°
- *Seguidor.* Sin seguidor.

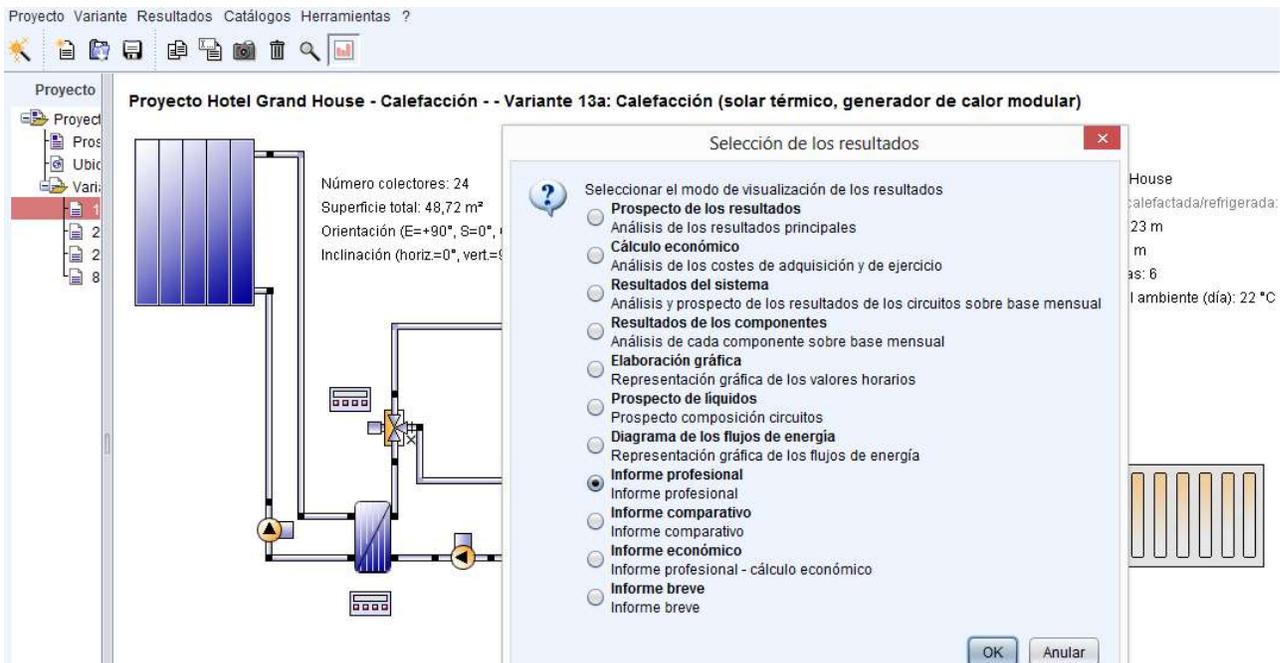
Figura 2.11 Colector



Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Después de la toma de los datos requeridos por cada ilustración, se visualizarán los resultados relativos a la variante que se seleccione. Luego será posible seleccionar en el menú Resultados la pantalla deseada. El programa simulará otra vez la variante si, desde la última simulación, se han modificado unos datos o se han abierto ventanas de dialogo o confirmado datos con OK. Si, en cambio, no se ha modificado o confirmado según dato, se visualizarán directamente los resultados.

Figura 2.12 Resultados



Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Con los **prospectos resultados**, el usuario puede hacerse una idea si su configuración de la instalación es o no correcta, evidenciando la forma como se está comportando el sistema.

En caso de que no se haya diseñado correctamente la instalación, se visualizarán unos mensajes de error durante o después de la simulación. El mensaje “*Necesidades energéticas no cubiertas*” indica que no se cubren las necesidades energéticas calculadas en un considerable número de intervalos, lo que significa que a menudo no se cuenta con la cantidad de energía necesaria para cubrir las necesidades energéticas. Un análisis descriptivo de los resultados componentes podrá evidenciar cuál es la causa del error. En la mayoría de los casos, el error está causado por una errónea regulación de los componentes.

Razones necesidades energéticas no cubiertas.

Las causas pueden ser diferentes.

- El depósito es demasiado pequeño
- El depósito no alcanza la temperatura necesaria
- Los tiempos de funcionamiento de la calefacción adicional (Caldera/bomba de calor/resistencia eléctrica) definidos en la regulación son demasiado cortos.
- La caldera/bomba de calor y, eventualmente, el pozo son demasiado pequeños.
- En la regulación, utilizar “valores variables” en cambio de valores fijos, por ejemplo para hacer referencia a la temperatura nominal del agua caliente.
- La válvula mezcladora (para el agua caliente y/o el circuito de calefacción) está configurada en una temperatura demasiado baja. De ser necesario, configurar un cambio general de la temperatura para compensar posibles pérdidas de los tubos.

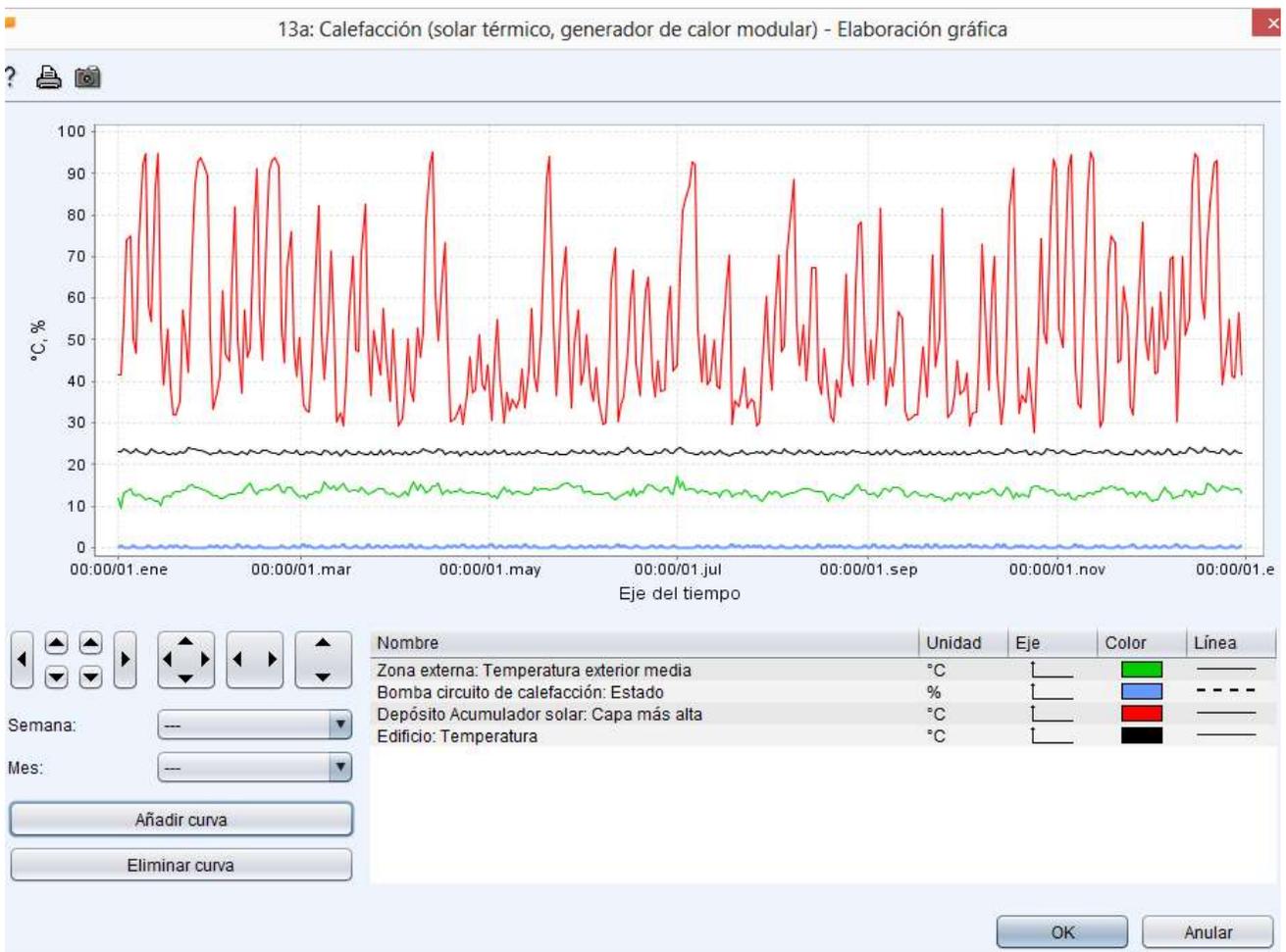
Otras posibles causas en caso de falta de cobertura de las necesidades de agua caliente:

- Para los sistemas “tank-in-tank”: la superficie o el volumen del depósito interno son demasiado pequeños.
- La tubería entre fuente de calor y grifo del agua es demasiado larga y tiene, por lo tanto, muchas pérdidas térmicas (recirculación necesaria)
- Para los módulos de agua potable: la bomba o el intercambiador de calor de placas son demasiado pequeños.

Otras posibles causas en caso de falta de cobertura de las necesidades térmicas (al calefactar el edificio, no se ha alcanzado siempre la temperatura deseada):

- La temperatura nocturna definida en el edificio es demasiado baja con respecto a la temperatura diurna (la fase de calefacción es demasiado larga).
- El número de convectores es demasiado bajo (en las configuraciones de los convectores, configurar el campo “Número módulo automático” en “SI”). [15]

Gráfica. Nos permite visualizar una gráfica precisa y personalizada de los resultados de simulación. Si deseamos visualizar el comportamiento de otro componente en funcionamiento es necesario “Añadir curva”, arrojando una curva con valores horarios relativos a los componentes seleccionados en el periodo indicado.



Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Se debe tener en cuenta lo siguientes aspectos:

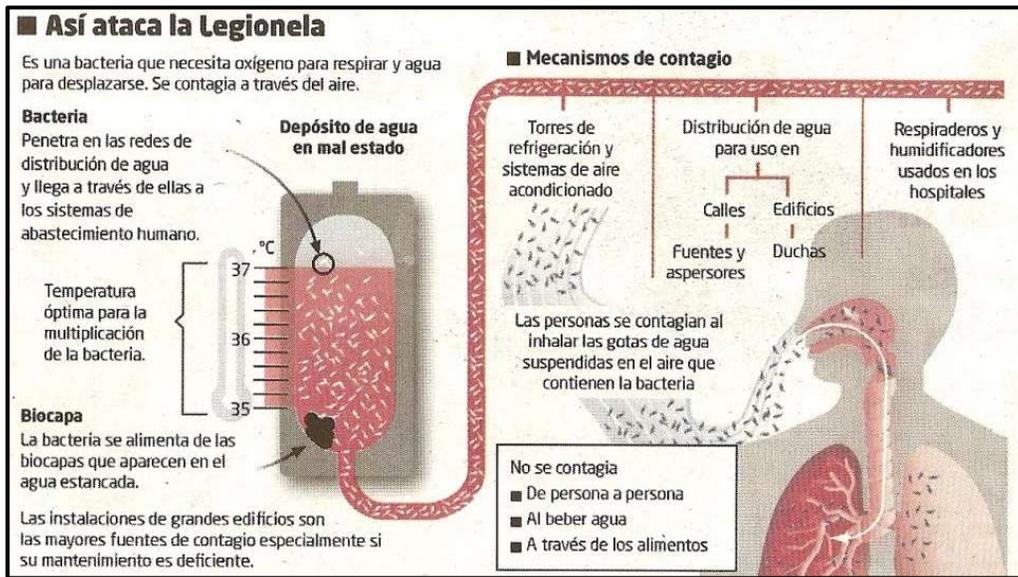
- *Zona externa: Temperatura exterior media.* La temperatura de la ciudad donde se encuentra el proyecto.
- *Bomba circuito de calefacción: Estado.* La línea azul muestra la temperatura en un rango de 0 a 3°C ya que el control regulador de calefacción esta dimensionado con esta temperatura para la histéresis de encendido y apagado
- *Depósito acumulador solar: Capa más alta.* Las líneas rojas depende del tamaño del tanque del circuito solar térmico (Deposito acumulador solar) seleccionando siempre la capa más alta para observa la temperatura que alcanza en su punto máximo. La ubicación se estas líneas rojas se deben encontrar en el rango de 60°C, si no es así se debe volver a dimensionar el tamaño del tanque.
- *Edificio: Temperatura.* La línea negra muestra la temperatura del edificio donde se instala el sistema de ACS y calefacción.

Nota. Importancia de la temperatura de los tanques 60°C

La Legionella es un microorganismo que, además de hallarse en medios acuáticos naturales, ha encontrado un hábitat muy adecuado en sistemas de agua creados y manipulados por el hombre, que actúan como amplificadores y propagadores de esta bacteria. Si se dispersa por el aire y penetra en los pulmones, el microorganismo puede ser patólogo para el ser humano. Para la infección en el ser humano se tienen que dar una serie de condiciones, que se enumeran a continuación:

- 1 Es necesario que el microorganismo tenga una vía de entrada al sistema, que suele producirse por el aporte de aguas naturales contaminadas por la bacteria, aun en pequeñas cantidades.
- 2 La multiplicación de la bacteria varía en función de la temperatura del agua estancada y de la presencia de otros contaminantes, incluyendo la suciedad en el interior de las instalaciones.
- 3 El desarrollo de la bacteria es elevado entre 20°C y 45°C, alcanzando el momento óptimo alrededor de los 37°C, siempre que exista un substrato húmedo nutriente formado por sedimentos producidos por la corrosión y otros. El microorganismo queda aletargado a temperaturas muy bajas, volviendo a multiplicarse en condiciones de temperatura favorables. A temperaturas superiores a 70°C la bacteria muere.
- 4 Para que la bacteria se propague es necesario que se disperse en forma de aerosol; el agua contaminada sólo tiene riesgo cuando se produce dicha dispersión.

Figura 2.13 Así ataca la *legionella*



Fuente: DUFFIE, J. y BECKMAN, W., Solar Energy Thermal Processes, Ed. Interscienciece., 1980.

Para la prevención de la contaminación de las instalaciones por la bacteria denominada Legionella Pneumophila, a fin de limitar los riesgos de contraer las enfermedades producidas por esta familia de microorganismos se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- La temperatura de almacenamiento del agua caliente de sistemas centralizados debe ser como mínimo de 55°C, siendo muy recomendable alcanzar la temperatura de 60°C.
- El sistema de calentamiento será capaz de llevar la temperatura del agua hasta 70°C de forma periódica para su pasteurización cuando sea necesario.
- La temperatura del agua de distribución no podrá ser inferior a 50°C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno a la entrada del depósito. Esta temperatura es la ideal para impedir la multiplicación de la bacteria y a la vez evitar quemaduras al usuario.
- Los depósitos estarán fuertemente aislados para evitar el descenso de la temperatura que produciría la multiplicación de la bacteria.

Se instalará un sistema para que las tuberías de acometida de agua a las cabezas difusoras de las duchas y las mismas cabezas queden vacías cuando estos aparatos no estén en uso [17]

Cada simulación arroja un informe profesional, comparativo, económico o breve.

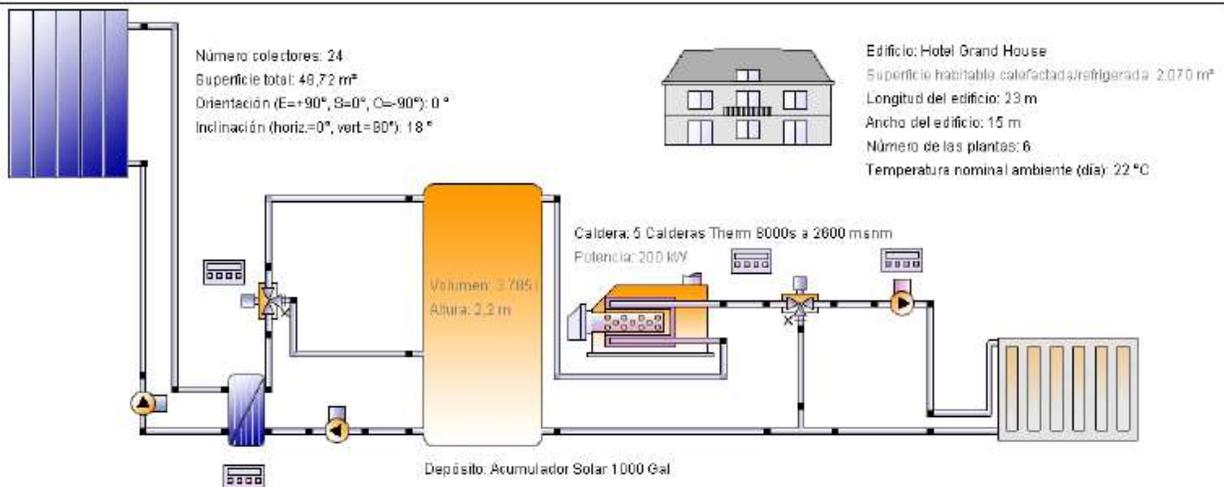
En este caso el informe que nos arroja la información necesaria para el análisis del proyecto es el profesional ya que abarca los parámetros principales para estudiar el sistema solar térmico que se instala.

3.7 INFORME PROFESIONAL Simulación en Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Informe profesional

Hotel Grand House -
Calefacción -

13a: Calefacción (solar térmico, generador de calor modular)



Ubicación de la instalación

Hotel Grand House Calefacción
 Longitud: -74,054°
 Latitud: 4,678°
 Altitud: 2.546 m

Este informe ha sido creado por:

Richard Wendling
 Calle 106 N. 45A-85
 PBX 7420695 Bogotá

Sección del mapa



Prospecto del sistema (valores anuales)

Consumo total de energía eléctrica y/o combustible del sistema [Etot]	151.744,7 kWh
Consumo de energía total [Quse]	157.477,5 kWh
Eficiencia del sistema (Quse / Etot)	1,04
Demanda de consumo	Necesidades energéticas cubiertas

Cantidad de combustible y de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de generadores de calor, maquinas eléctricas, bombas, ventiladores, etc.

Energía efectivamente utilizada por los componentes que consumen energía. La energía consumida para la producción de ACS y calefacción. Todos los valores se suman (valore positivos) en una Σ total.

Sirve para comparar el objetivo entre instalaciones diferentes. Cuanto más es el valor, mejor es el resultado.

Si por el 5% del tiempo de las respectivas temperaturas tiene un déficit superior al 5% aparece el mensaje "Necesidades energéticas no cubiertas". Para realizar una comparación entre instalaciones diferentes, es necesario que las necesidades energéticas estén siempre cubiertas.

Prospecto solar térmico (valores anuales)

Superficie colectores	48,7 m ²
Fracción solar total	17,3%
Rendimiento campo colectores total	27.549,3 kWh
Rendimiento campo colectores por superficie bruta	565,5 kWh/m ² /Año
Rendimiento campo colectores por superficie abertura de los módulos	608,6 kWh/m ² /Año
Máximo ahorro de combustible	2.851,9 m ³ (gas): [Gas natural H]
Máximo ahorro de energía	29.944,9 kWh
Máxima reducción de emisiones de CO ₂	6.934,9 kg

Cantidad anual de energía suministrada por los colectores al sistema (circuito).

Suma de todos los campos colectores

Porcentaje de energía total generada producida por fuente solar. La energía solar cubre el 17,3% de las necesidades energéticas $[Q_{sol} / (Q_{sol} + Q_{aux})]$

Cantidad anual específica de energía suministrada al sistema (circuito) por superficie bruta colectores.

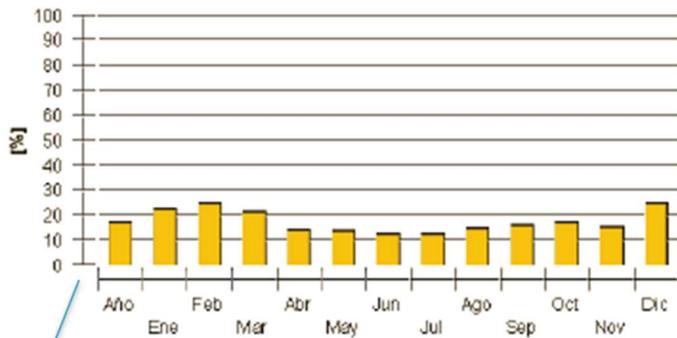
Cantidad anual específica de energía suministrada al sistema (circuito) por superficies colectoras captantes.

Ahorro anual de combustible logrado a través de la instalación solar térmica.

Ahorro logrado a través de la instalación solar térmica, transformado en CO₂.

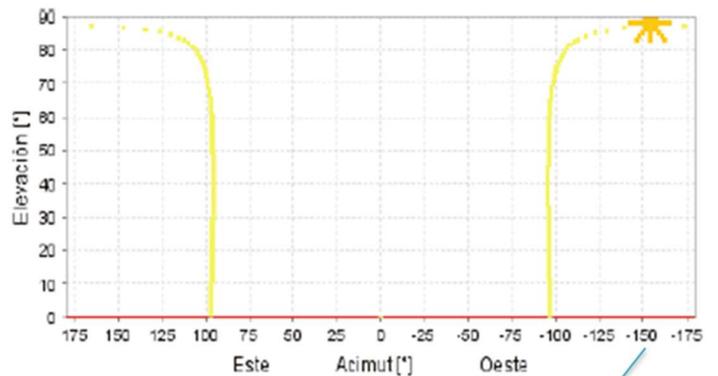
Ahorro anual de combustible logrado a través de la instalación solar térmica, transformado en kWh. Este valor puede ser mayor que el rendimiento del campo de colectores porque este se divide también por el rendimiento de la caldera.

Fracción solar: porcentaje de energía solar al sistema [SF_n]



Repartición mensual del grado de cobertura solar.

Línea de horizonte



Se tienen en consideraciones las reducciones en el rendimiento causadas por el sombreado en el horizonte y aproximado.

Datos meteorológicos-Prospecto

Temperatura exterior media	13,3 °C	Temperatura externa media anual en el promedio de las 24 horas
Radiación global, suma anual	1.569,8 kWh/m ²	Irradiación anual total incidente sobre una superficie horizontal en una localidad definida, por metro o pie cuadrado.
Radiación difusa, suma anual	804,5 kWh/m ²	Irradiación difusa sobre nubes y partículas de agua. El valor es igual a la irradiación global menos la irradiación directa.

Prospecto componentes (valores anuales)

Caldera	5 Calderas Therm 8000s a 2600 ms		Potencia nominal de la caldera
Potencia	kW	200	Rendimiento en diferentes condiciones de ejercicio durante el año. [Qaux/Eaux]
Eficiencia total	%	87,2	Cantidad de energía suministrada al sistema (circuito) por la caldera.
Energía desde/al sistema [Qaux]	kWh	132.141,1	Consumo de combustible y energía eléctrica para el ejercicio de la caldera. [Eaux=Qaux+perdidas]
Consumo de energía eléctrica y de combustible [Eaux]	kWh	151.568,1	Ahorro energético logrado para la caldera en cuestión gracias a la instalación solar térmica, transformado en kWh, CO2 y litros de gasóleo.
Ahorro energético solar térmico	kWh	29.944,9	
Ahorro CO2 solar térmico	kg	6.934,9	
Ahorro de combustible solar térmico	m ³ (gas)	2.851,9	

Colector Norteamérica	FP 1.20.0 HE sc		Inclinación colectores con respecto al plano horizontal.
Fuente de datos		SRCC	
Número colectores		24	
Filas paralelas		8	
Superficie total	m ²	48,72	Orientación superficie colectores. (0°=sur, este=+90°, oeste=-90°, vale también para el hemisferio austral).
Superficie abertura total	m ²	45,264	
Superficie absorbedor total	m ²	45,26	
Inclinación (horiz.=0°, vert.=90°)	°	18	
Orientación (E=+90°, S=0°, O=-90°)	°	0	Energía suministrada al sistema por el campo colectores (circuito).
Rendimiento campo colectores [Qsol]	kWh	27.549,3	
Irradiación sobre plano colectores [Esol]	kWh	75.784,9	Irradiación global anual incidente sobre la superficie de abertura.
Eficiencia del colector [Qsol / Esol]	%	36,4	
Irradiación directa considerando IAM	kWh	35.715,9	Irradiación anual sobre la superficie de abertura al neto de las pérdidas por reflexión subdivididas por radiación directa y difusa.

Edificio	Hotel Grand House	
Superficie habitable calefactada/refrigerada	m ²	2.070
Temperatura nominal ambiente	°C	21
Necesidades de energía de calefacción sin ACS [Qdem]	kWh	157.477,5
Necesidades específicas de energía de calefacción sin ACS [Qdem]	kWh/m ²	76,1
Ganancias de calor solar por las ventanas	kWh	211.863,9
Pérdidas de energía totales	kWh	423.407,1

Las necesidades energéticas corresponden a la cantidad de energía anual que se calcula que los radiadores transmiten al edificio (superficie habitable calefactada).

Ganancia solar complejiva anual a través de la superficie de las ventanas, prescindiendo de su utilización (por ejemplo, también durante el verano por debajo de la temperatura de sombreado definida).

Pérdidas totales anuales de energía a través del envolvente del edificio y cambio de aire.

Módulo calentador	Radiador Jaga Grand House	
Número de módulos de calefacción/refrigeración	-	260
Potencia por módulo calentador en condiciones normales	W	1.000
Temperatura de ida nominal	°C	50
Temperatura de retorno nominal	°C	45
Energía neta desde/hasta los módulos de calefacción/refrigeración	kWh	157.136,6

La potencia máximo complejiva suministrada equivalente al número de módulos calefactantes / de refrigeración multiplicado por la potencia.

Energía transmitida al edificio por el modulo calefactor a lo largo del año

Bomba Bomba circuito solar 1	Eco, mediana	
Caída de presión circuito	bar	0,074
Caudal	l/h	1.697,4
Consumo de energía eléctrica y de combustible [Epar]	kWh	39,8

Caudal medio en ejercicio

Bomba circuito de calefacción	Eco, grande	
Caída de presión circuito	bar	0,44
Caudal	l/h	5.504
Consumo de energía eléctrica y de combustible [Epar]	kWh	96,9

Bomba Bomba circuito solar 2	Eco, mediana	
Caída de presión circuito	bar	0,035
Caudal	l/h	1.697,4
Consumo de energía eléctrica y de combustible [Epar]	kWh	39,8

Depósito Acumulador solar	Acumulador Solar 1000 Gal	
Volumen	l	3.785
Altura	m	2,2
Material		Acero inoxidable
Aislamiento térmico		PU rígido
Espesor aislamiento	mm	100
Pérdidas térmicas	kWh	1.113,8
Pérdidas en los racores	kWh	277,9

Perdida térmica anual a través de las paredes.

Perdida térmica anual a través de los racores.

Intercambiador de calor exterior Intercambiador de calor solar	gigante	
Capacidad de transmisión	W/K	30.000

Unidad de medida para las dimensiones del intercambiador de calor.

Circuito

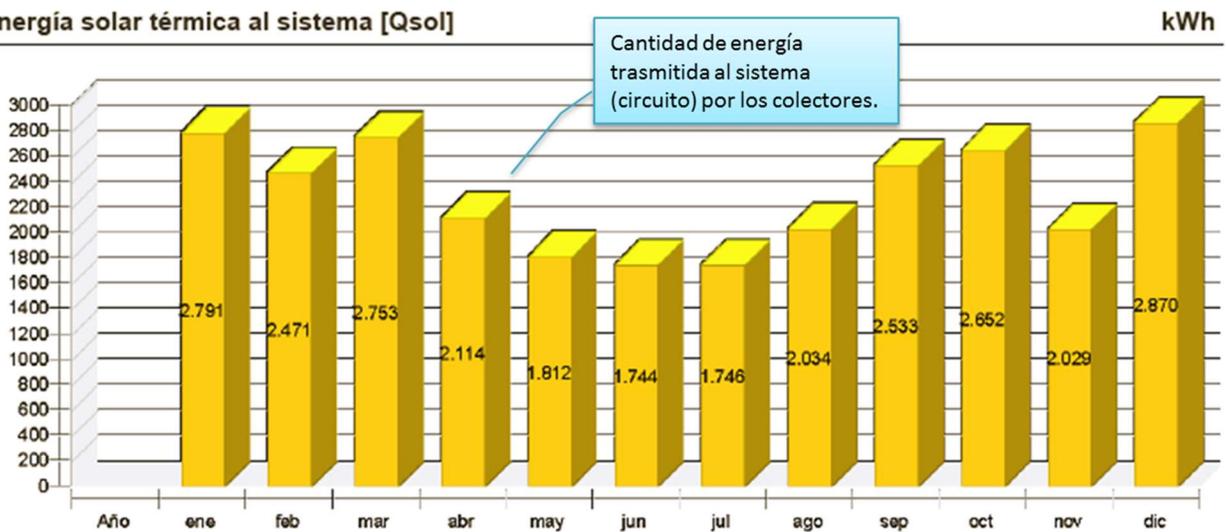
Circuito solar		
Mezclas de líquidos		Mezcla propil
Concentración del líquido	%	33,3
Volumen del circuito	l	61
Presión en alto	bar	4

33% etileno; el resto es agua

El llenado del circuito necesita 61 l de glicol

La presión influye en el punto de evaporación.

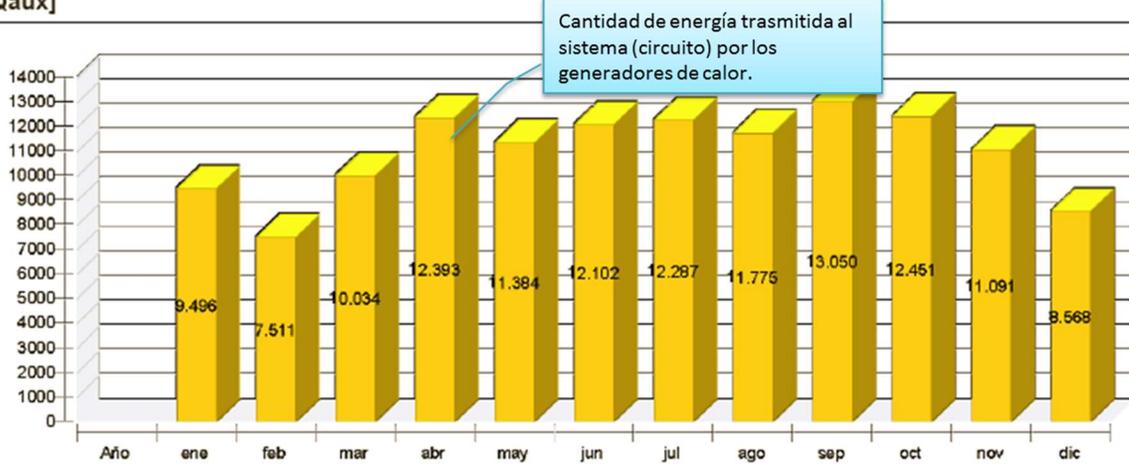
Energía solar térmica al sistema [Qsol]



Cantidad de energía transmitida al sistema (circuito) por los colectores.

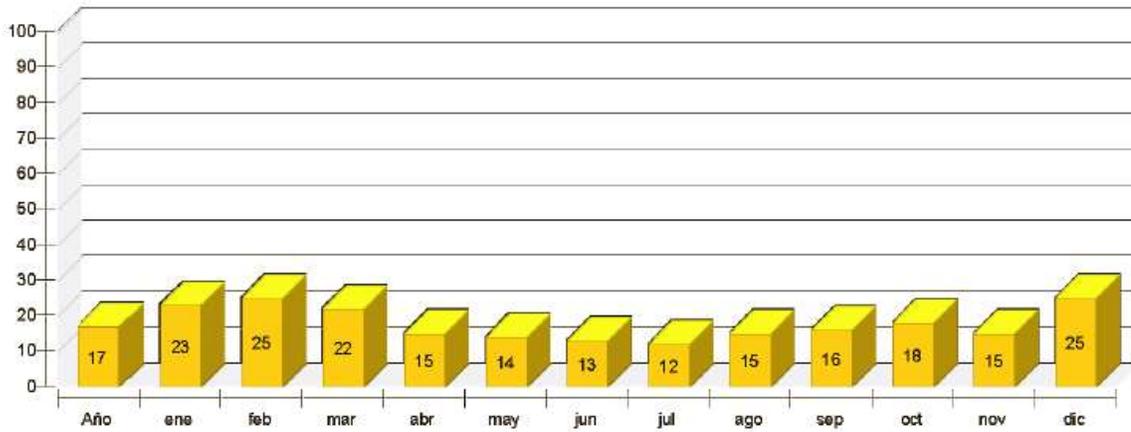
Energía de los generadores de calor al sistema (energía solar térmica excluida)
[Qaux]

kWh



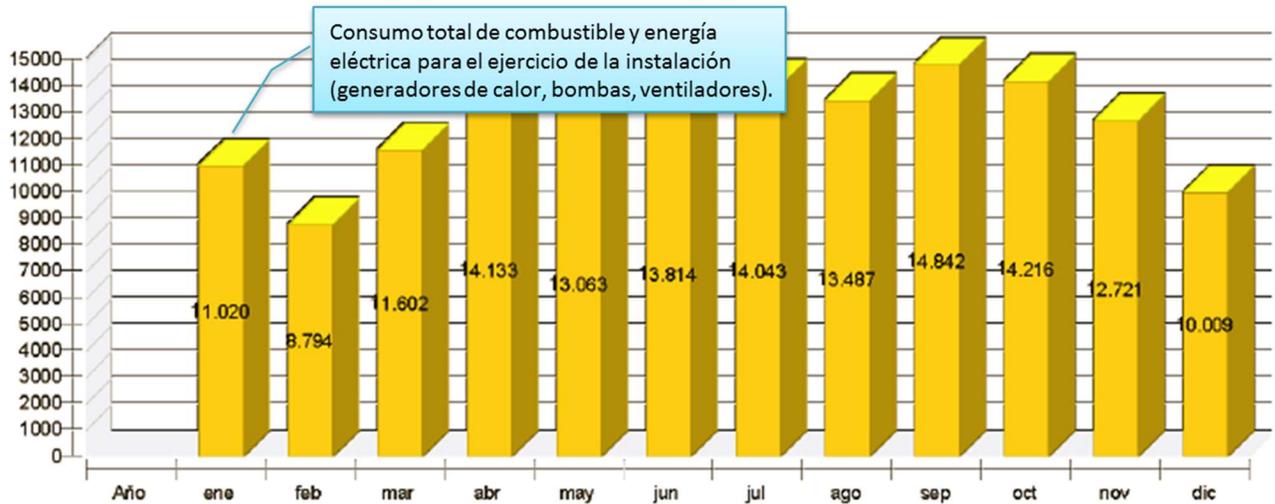
Fracción solar: porcentaje de energía solar al sistema [SFn]

%



Consumo total de energía eléctrica y/o combustible del sistema [Etot]

kWh



Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Año
Energía solar térmica al sistema [Qsol]													
kWh	27549	2791	2471	2753	2114	1812	1744	1746	2034	2533	2652	2029	2029
Energía de los generadores de calor al sistema (energía solar térmica excluida) [Qaux]													
kWh	132141	9496	7511	10034	12393	11384	12102	12287	11775	13050	12451	11091	11091
Consumo de energía eléctrica y de combustible de los generadores de calor [Eaux]													
kWh	151568	11006	8781	11586	14117	13049	13800	14029	13473	14826	14200	12707	12707
Fracción solar: porcentaje de energía solar al sistema [SFn]													
%	17,3	22,7	24,8	21,5	14,6	13,7	12,6	12,4	14,7	16,3	17,6	17,6	17,6
Consumo total de energía eléctrica y/o combustible del sistema [Etot]													
kWh	151745	11020	8794	11602	14133	13063	13814	14043	13487	14842	14216	12926	12926
Irradiación sobre plano colectores [Esol]													
kWh	75785	8342	6998	6676	5553	5127	4903	5325	5939	6098	6809	6409	6409
Consumo de energía eléctrica de las bombas [Epar]													
kWh	177	14	13	16	16	15	14	14	15	16	16	14	14
Consumo de energía total [Quse]													
kWh	157477	12063	9688	12550	14424	13105	13687	13843	13620	15373	14714	13171	11240
Pérdidas de calor al ambiente interno (incluidas las pérdidas de los generadores de calor) [Qint]													
kWh	21638	1742	1472	1728	1886	1828	1849	1918	1887	1932	1930	1823	1644
Pérdidas de calor al ambiente externo (sin pérdidas del colector) [Qext]													
kWh	518	53	50	47	37	36	34	37	46	39	44	44	44

Cantidad de energía transmitida al sistema (circuito) por los colectores.

Cantidad de energía transmitida al sistema (circuito) por generadores de calor.

Consumo total de combustible y energía eléctrica para el ejercicio de la instalación, al neto de bombas y ventiladores. .

Porcentaje de la energía total generada producida por fuente solar. [Qsol / (Qsol+Qaux)]

Consumo total de combustible y energía eléctrica para el ejercicio de la instalación (generadores de calor, bombas, ventiladores)

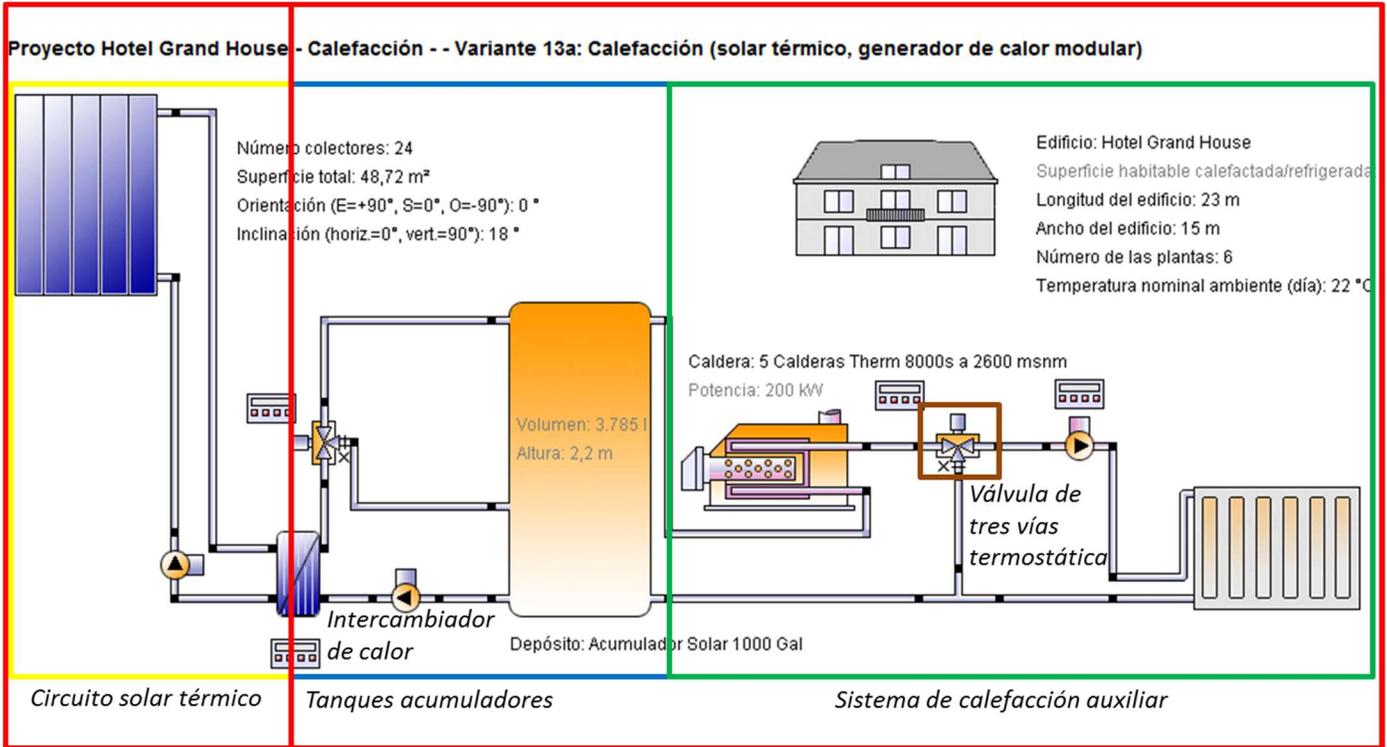
Irradiación anual sobre el plano de colectores, incidente sobre la superficie de abertura, al neto de las pérdidas por reflexión subdivididas en radiación directa y difusa.

Perdida térmica complejiva de todos los componentes presentes en las habitaciones internas o externas, es decir el calor perdido bombas, pérdidas por tuberías, etc. Las necesidades térmicas pueden beneficiar, en cierta medida, de estas pérdidas térmicas.

3.8 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Comprende el suministro de materiales, herramientas y mano de obra para la ejecución del proyecto en referencia.

Figura 2.14 Diseño del sistema



Circuito solar térmico Circuito agua sanitaria

Fuente: Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

Circuitos ACS - **Calefacción** y **solar** independientes (sistema cerrado):

El sistema está diseñado en tres secciones independientes, por lo cual el líquido en los colectores, el agua caliente sanitaria y el agua del circuito de calefacción están divididos sin tener ningún contacto, por medio de intercambiadores de calor. De esta manera se evita una placa de cal al interior de los colectores y radiadores que causaría el agua potable. Una placa de cal es un aislamiento térmico y disminuye el rendimiento de los colectores y radiadores.

3.8.1 Seguridad de funcionamiento

El sistema hidráulico de los colectores solares que transporta el calor hacia los intercambiadores de calor será un sistema cerrado. El sistema hidráulico de colectores se divide en varias zonas independientes para facilitar el mantenimiento de cada zona independientemente. Cuando en una zona se ejecuta un proceso de mantenimiento, o la zona tiene una falla técnica las otras zonas seguirán funcionando perfectamente.

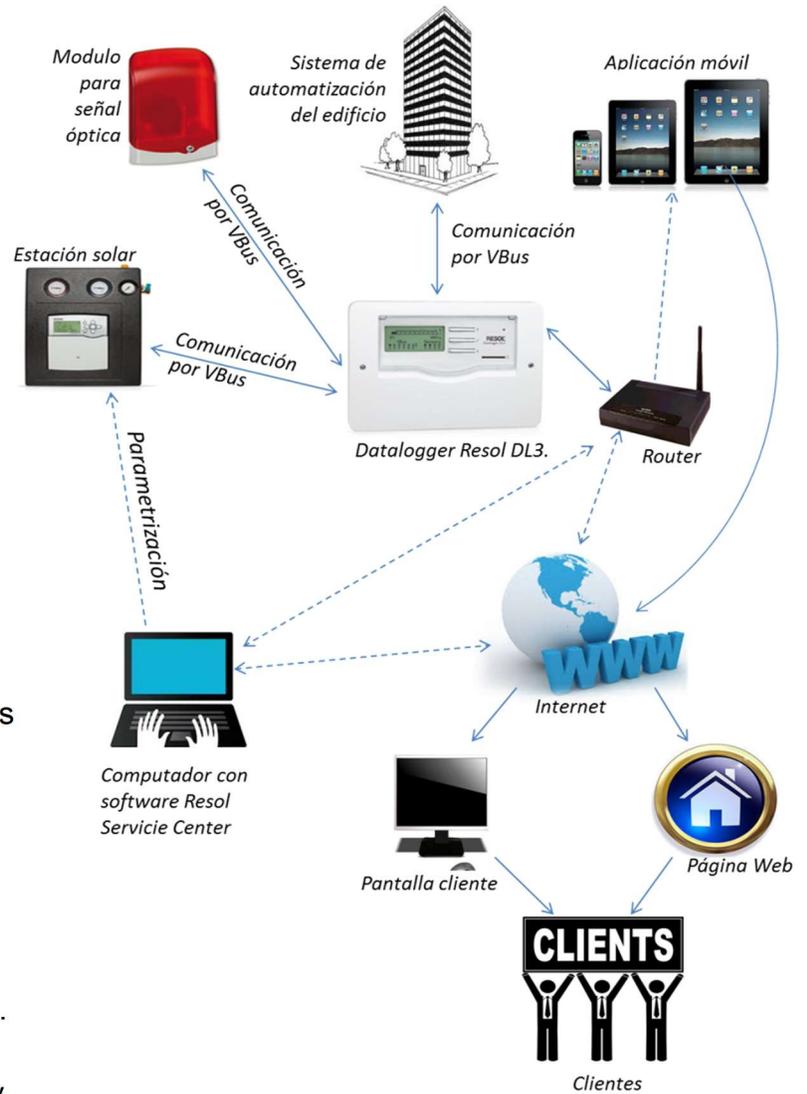
3.8.2 Descripción del funcionamiento

1. El *primer circuito* está diseñado para transportar el calor producido por los 24 colectores y transferir este calor por medio de los intercambiadores de calor a los tanques que alimenta el agua caliente sanitaria y el sistema de calefacción.
2. Por medio de *un tanque acumulador solar* de una capacidad de 1000 Gal de acero inoxidable 304 se almacena el calor producido para satisfacer la demanda de ACS nocturna y las necesidades de calefacción en periodos con poco sol.
3. En caso que el *sistema solar* no suministre el calor necesario para los requerimientos de agua caliente y calefacción, se aumenta la temperatura por medio de las *5 calderas existentes* con la potencia necesaria para alcanzar la temperatura deseada. El calor que se produce con el sistema de apoyo es almacenado en un *tanque de una capacidad de 500 Gal* de acero inoxidable 304.
4. Antes de suministrar el agua caliente a los radiadores y al agua caliente sanitaria, la temperatura está regulada por una *válvula de tres vías termostática*, internacionalmente certificada. En esta válvula se mezcla el agua caliente con agua fría para asegurar una temperatura que constantemente mantiene los 45 °C para calefacción y 55°C para agua caliente sanitaria. Cuando hay un defecto en el suministro de agua fría se cierra la válvula. Así se garantiza para el caso de agua caliente, que el usuario no se quemó por temperaturas elevadas.

3.9 SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO

El sistema de control y monitoreo se encarga de demostrar:

- Cantidad térmica generada por:
 - Sistema entero
 - Sistema solar
 - Sistema calderas
- Medición consumo de gas
- Almacenamiento de datos
- Medición radiación solar
- Medición de temperatura, caudal y presión de todos los circuitos hidráulicos
- Alerta visual en caso de valores por fuera del rango normal
- Control de todos los valores por medio del personal de mantenimiento, utilizando un computador como interfaz.
- Comunicación de ahorros energéticos y de CO₂ al cliente final (Huésped) se realizar por medio de las pantallas existentes en el hotel y de igual manera en la página web del hotel. Y así presenta un valor agregado en el área de mercadeo.



Control y monitoreo
Fuente: Ilustración de Autor

3.10 DIMENSIONAMIENTO DEL ÁREA COLECTORA

Consideraciones

- Orientación del área de instalación: Suroriente Geográfico, desviación 0°
- Colector solar: FP 1.20.0 HE Al nature colector
- Aplicación: ACS-Calefacción
- Espacio a calentar 2900 m²
- Volumen de aire a calentar 165 (66 Techo*2,5 Altura) m³
- Temp. deseada del ambiente: 21°C
- Temperatura de agua fría 15°C
- Numero de colectores: 24
- Superficie colectores 48,7 m²
- Fracción solar del sistema: 17,3%

3.11 DATOS CLAVES DEL SISTEMA PROPUESTO **Datos tomados del informe profesional*

Prospecto del sistema	Valores anuales
<u>Consumo total de energía eléctrica y/o combustible del sistema [Etot]</u> Cantidad de combustible y de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de generadores de calor, maquinas eléctricas, bombas, ventiladores, etc.	151.744,7 kWh
<u>Consumo de energía total [Quse]</u> Energía efectivamente utilizada por los componentes que consumen energía. La energía consumida para la producción de ACS y calefacción. Todos los valores se suman (valore positivos) en una Σ total.	157.477,5 kWh
<u>Rendimiento campo colectores total</u> Cantidad anual de energía suministrada por los colectores al sistema.	27.549,3 kWh
<u>Grado de cobertura solar total</u> Porcentaje de energía total generada producida por fuente solar. La energía solar cubre el 17,3% de las necesidades energéticas.	17,3%
<u>Ahorro de CO₂ en comparación a la referencia</u> Ahorro logrado a través de la instalación solar térmica transformado en CO ₂	6.934,9 Kg
<u>Energía ahorrada en comparación con la instalación de referencia</u> Ahorro anual de combustible logrado a través de la instalación solar térmica, transformado en kWh.	29.944,9 kWh

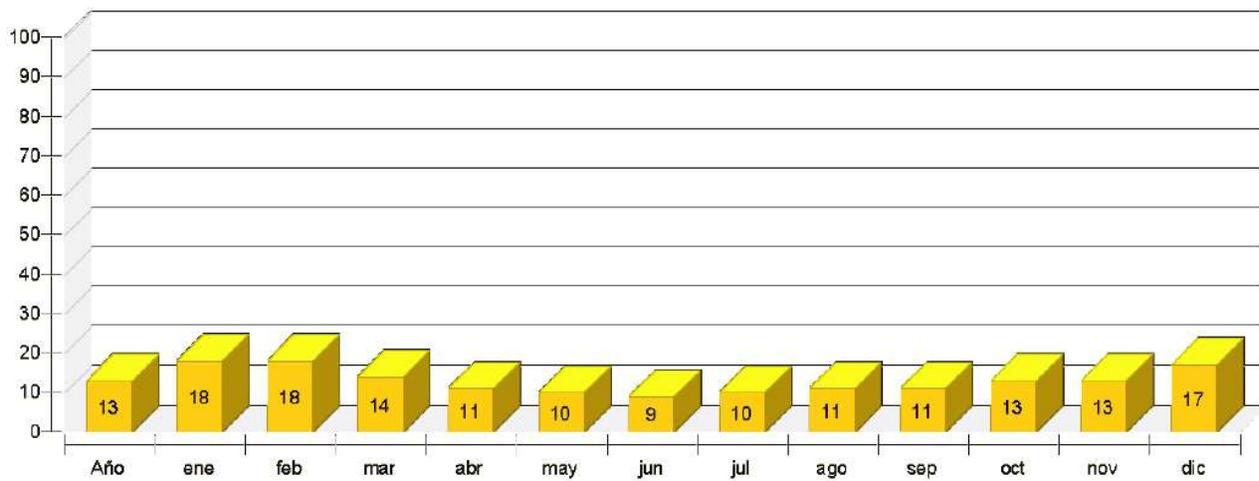
3.12 FRACCIÓN SOLAR DEL SISTEMA PROPUESTO

La siguiente grafica nos muestra el porcentaje de la energía total generada producida por la fuente solar mensualmente.

Figura 2.16 Fracción solar.

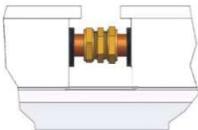
Fracción solar: porcentaje de energía solar al sistema [SFn]

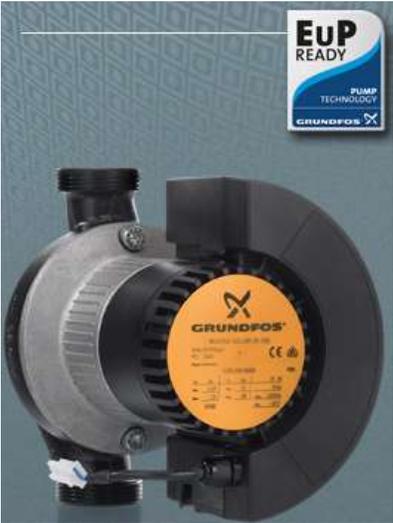
%



Fuente: Simulación del sistema propuesto en Polysun

EQUIPOS Y TECNOLOGÍAS PARA EL SISTEMA SOLAR TÉRMICO Y DE CALEFACCIÓN

HOTEL GRAND HOUSE				
Sistema solar térmico				
ITEM	Elemento	Descripción	Unid.	Cant.
1	Colector solar térmico. Marca Kioto 	-Producto austriaco del más alto nivel de tecnología y calidad en el mercado. -Área bruta en general: 2,03 m ² -Dimensión: 1,95 x 1,05 x 0,08 m -Placa completa alta selección de recubiertos Al/Cu absorbedor (30% más rendimiento, Absorción 94%+-2%, Emisión 5%+-2%) -Soldadura laser -25 mm Poliuretano placa de aislamiento incluyendo pared de fondo. -3,2 mm vidrio solar bajo en hierro templado. -Todos los perfiles están anodizados. -Pared de fondo de aluminio -Certificación SRCC (Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación) -Datos de rendimiento comprobado por el TÜV de Alemania	Und	24
2	Estructura de soporte para los colectores anodizado. 	-Aluminio anodizado -Seis unidades -Marca Kioto	Und	4
3	Conexiones entre colectores. 	Racores de bronce de anillo cortante con un diámetro de 22 mm.	Und	42

4	<p>Tapones.</p> 	Tope final para tubo de cobre	Und	8
5	<p>Tanque acumulador 1000 Gal.</p> 	<p>-Resistente para instalaciones en exterior. -Apropiado para calidades de agua agresivas -Acero Inoxidable 304. -Aislamiento poliuretano. -Protección de lámina de aluminio</p>	Und	1
6	<p>Bomba de recirculación circuito Solar tanques ACS. <i>Marca Grundfos</i></p> 	<p>Bomba recirculadora, del tipo de rotor encapsulado, controladas electrónicamente</p> <p>Datos técnicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Caudal [Q] máx. 90 m³/h -Altura [H] máx. 12 m -Temp. Líquido: +15°C a +110°C -Presión sistema: máx. 10 bar. <p>Aplicaciones</p> <p>Circulación de agua caliente en sistemas de calefacción para bloques de viviendas, colegios, hospitales, hoteles, industria, etc.</p> <p>Características y ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Silenciosa -Bajo consumo. Clasificación energética: Clase A -Amplia gama -Ajuste automático del funcionamiento -Instalación sencilla, sin necesidad de equipos o ajustes adicionales. 	Und	1
7	Unidad de lavado y llenado.	Válvulas de bola de tipo pesado en bronce y accesorios de cobre.	Und	1

8	<p>Estación Solar. Modelo Bx Plus. Marca Resol con control solar.</p> 	<p>-Marca Resol de Alemania. Alta tecnología y calidad en el mercado.</p> <p>-Ejecuta el monitoreo y el control de todos los equipos que forman el sistema (sistema solar térmico y caldera) y garantiza el rendimiento óptimo del sistema.</p>	Und	1
9	<p>Control de caudal 3/4". Marca Taconova</p> 	<p>-Max. Temperatura de funcionamiento: TB 100 ° C</p> <p>-Max. Presión de trabajo: PB 10 bar</p> <p>-Precisión de la medición: Rango de medida 20 a 80% = ± 5% del valor indicado Rango de medición hasta 20% y más del 80% = ± 10% del valor del valor kVS indicado y el rango de medición</p> <p>-Material: Cuerpo: Latón Interior: Acero Inoxidable – Latón</p> <p>-Mirilla de plástico: el calor y el impacto</p> <p>-Plomos plásticos resistentes: EPDM Rosca según DIN 2999 / ISO 7 o rosca macho G (cilíndrico) a ISO 228</p>	Und	4
10	<p>Control de caudal 1". Marca Taconova</p> 	<p>-Max. Temperatura de funcionamiento: TB 100 ° C</p> <p>-Max. Presión de trabajo: PB 10 bar</p> <p>-Precisión de la medición: Rango de medida 20 a 80% = ± 5% del valor indicado Rango de medición hasta 20% y más del 80% = ± 10% del valor del valor kVS indicado y el rango de medición</p> <p>-Material: Cuerpo: Latón Interior: Acero Inoxidable-Latón.</p> <p>-Mirilla de plástico: el calor y el impacto</p> <p>-Plomos plásticos resistentes: EPDM Rosca según DIN 2999 / ISO 7 o rosca macho G (cilíndrico) a ISO 228</p>	Und	1

<p>11</p>	<p>Tanque de expansión 100 L. <i>Marca GWS</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Tecnología de diafragma CAD-2 patentada. -Diseño de doble diafragma, elimina la condensación -Acabado automotriz de pintura poliuretano sobre una base de epoxi. -Libre de fugas de aire, tapa de la válvula sellada con espuma de celda. -Exhaustivas pruebas. -No requiere mantenimiento. 	<p>Und</p>	<p>1</p>
<p>12</p>	<p>Intercambiador de calor. <i>Marca Unex</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Producto austriaco -Auto limpieza -Realiza un intercambio de temperatura entre el circuito del sistema solar térmico y el circuito de agua caliente sanitaria. <p>Ventajas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Garantiza el suministro de ACS limpia 2. Protege el circuito solar térmico contra cal y sedimentos, así se garantiza siempre el rendimiento óptimo y una vida útil máxima. <ul style="list-style-type: none"> -Las temperaturas de trabajo de -20 °C a 250 °C -Coeficientes de transferencia de calor -Baja caída de presión -Área de transferencia de calor desde 0,09 hasta 65,4 m² -Buen comportamiento de gases o líquidos 	<p>Und</p>	<p>1</p>
<p>13</p>	<p>Desaireadores circuitos solares.</p> <p>TACOVENT HYVENT FLOAT AIR VENTILATOR</p> 	<p>Datos generales</p> <p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> -Temperatura de operación T0 max: 115 °C -Presión de operación P0 max: 10 bar -Roscas exteriores: G 3/8 "y G 1/2", según el material de ISO 228 <p>Material</p> <ul style="list-style-type: none"> -Piezas internas: Plástico. Acero inoxidable -Cuerpo: Latón -Juntas: EPDM, NBR, silicona fluidos <p>Fluidos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Agua de calefacción (VDI 2035, la Directiva SiA 384/1; ÖNORM H 5195-1) -Agua de refrigeración (DIN 1988-7) 	<p>Und</p>	<p>4</p>

14	Armario para exteriores.		Und	1
15	Termómetros para las válvulas termostáticas de tres vías. 	Termómetros de respuesta inmediata de agua.	Und	2
16	Conexiones eléctricas bombas/caldera.		Conex	5
17	Tubería y valvulería.	<ul style="list-style-type: none"> - Tubería de cobre - Columnas entre estación solar y tanque de tubería Pex - Accesorios de tipo pesado - Aislamiento poliuretano blando con protección contra efectos ambientales - Señalización acrílica - Soportería -Aislamiento poliuretano. -Protección para partes expuestas al exterior. -Valvulería 	Glob	1
18	Cableado, ductos y soportes.	<ul style="list-style-type: none"> - Protegida por tubería emt en interiores. - Tubería galvanizada en exteriores 	Glob	1

Sistema de medición y verificación

Medidor de cantidad térmica
mide el caudal y temperatura.
 Marca Grundfos



Grundfos Direct Sensor™ VFS



Grundfos Direct Sensor™ RPS



19

Kit de medición de cantidad térmica.

WMZ-G1

-Entradas: para 2 sensores Grundfos Direct Sensors™ VFS, RPS o DPS

-Alimentación: 220 ... 240 V~

-Potencia absorbida: Aprox. 2 VA

-Interfaz de datos: VBus® de RESOL

-Carcasa: de plástico, PC-ABS y PMMA

-Visualización/Pantalla: Pantalla gráfica y piloto LED bicolor

-Tipo de protección: IP 20 / IEC 60529

-Temperatura ambiente: 0 ... 40 °C

-Rango de medición: -30 ... +150 °C

Grundfos Direct Sensor™

-Material: Acero Inoxidable

-Temperatura máxima de trabajo:

continuamente: 100 °C

por poco tiempo: 120 °C

-Largo: 110 mm (VFS)

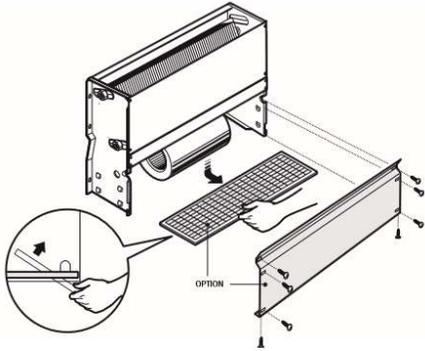
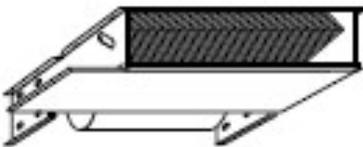
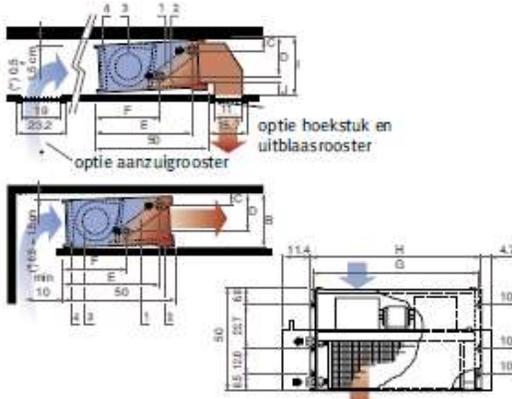
-Rosca: rosca exterior 3/4" (VFS), 1/2" (RPS)

-Profundidad de la rosca: 12 mm (RPS)

Und

2

20	<p>Datalogger Resol DL3 <i>comunica con la central de monitoreo del hotel.</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Carcaza de plástico, PC-ABS y PMMA -Tipo de protección: IP 20 / IEC 60529 -Clase de protección: III -Temperatura de trabajo: 0 ... 40 °C -Dimensiones: 144 x 208 x 43 mm -Visualización: pantalla grafica para visualizar el estado de funcionamiento y un piloto de control -Entradas: para 3 sondas de temperatura (Pt1000, Pt500 o KTY) utilizables también como entradas de impulso, 1 entrada 0(4)-20 mA -Manejo: con las tres teclas frontales -Interfaces: 6 x VBus® (esclavo), 1 x tarjeta de memoria SD, 1 x LAN (10 / 100), 1 x USB maestro -Suministro eléctrico: Tensión de entrada de la fuente de alimentación: 100 ... 240 V~ -Corriente nominal: 1 A -Tensión de entrada del datalogger: 12 V 	Und	1
21	<p>Sensor de radiación solar. <i>Marca Resol CS10</i></p> 	<p>La célula solar CS10 está indicada para medir la intensidad de la radiación solar. La corriente de cortocircuito aumenta proporcionalmente a la intensidad de la radiación. La sonda se puede utilizar, según el termostato empleado, para realizar un control de validez adicional o para gestionar el sistema. El cable de conexión se puede alargar hasta 100 metros.</p>	Und	1
22	<p>Modulo para señal óptica en casos de un error del sistema.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Salidas: para 1 relé sin potencial -Potencia de salida: máximo 30 V (DC), 1A; 125 V~ (AC), 0,5 A -Alimentación e interfaz de datos: VBus® de RESOL -Carcaza: de plástico (PC 2207 UV), Karilen E 42 D - H201 -Visualización/Pantalla: 1 piloto LED -Tipo de protección: IP 54 -Temperatura ambiente: -25 ... +70 °C 	Und	2

ITEM	Elemento	Descripción	Unid	Cant
Sistema de calefacción				
23	Equipo de calefacción y refrigeración para todas las habitaciones del hotel. Referencia Brise 04. Marca Jaga. 	<p>-La estructura de soporte hecha de chapa de acero galvanizado reforzado</p> <p>-El motor de ventilador centrífugo se condensa en 3 velocidades continuamente y seguridad KLIXON integrado con un reinicio automático.</p> <p>-Tensión: 220 Voltios mono 50 Hz, IP 411.</p> <p>-Intercambiador de calor de cobre puro y de aluminio, adecuado para la conexión hacia la izquierda o la mano derecha.</p> <p>-Conexiones para los tipos 02, 03 y 04 de uso de 1/2", para los tipos 06, 08 y 10 de 3/4".</p> <p>-Salida de aire para todo tipo > 1/8".</p>	Und	16
24	Equipo de calefacción y refrigeración para todas las habitaciones del hotel. Referencia Brise 03. Marca Jaga. 		Und	8
25	Equipo de calefacción y refrigeración para todas las habitaciones del hotel. Referencia Brise 02. Marca Jaga. 		Und	41

26	Manifold central para distribución desde el cuarto de máquinas con desaireador. Controles de caudal, manómetro y termómetros.		Und	1
27	Termostato de ambiente eléctrico. 	-Termostato de respuesta inmediata. -Maneja sistema de refrigeración, calefacción y de válvulas.	Und	16
28	Alimentación eléctrica de los equipos.		Und	16
29	Válvulas automatizadas de manejo de temperatura en los circuitos independientes.		Und	32
30	Caudalímetro 1 1/2". Marca Taconova. 	-Max. Temperatura de funcionamiento: TB 100 °C -Max. Presión de trabajo: PB 10 bar -Precisión de la medición: Rango de medida 20 a 80% = ± 5% del valor indicado Rango de medición hasta 20% y más del 80% = ± 10% del valor del valor kVS indicado y el rango de medición -Material: Cuerpo: Latón Interior: Acero Inoxidable-Latón. -Mirilla de plástico: el calor y el impacto -Plomos plásticos resistentes: EPDM Rosca según DIN 2999 / ISO 7 o rosca macho G (cilíndrico) a ISO 228	Und	1
31	Unidad de lavado y llenado.	Válvulas de bola de tipo pesado en bronce y accesorios de cobre.	Und	1

<p>32</p>	<p>Bomba Grundfos cme de recirculación circuitos radiadores. Marca Grundfos.</p> 	<p>Bomba recirculadora del tipo de rotor encapsulado controladas electrónicamente.</p> <p>Datos técnicos -Caudal [Q] máx. 90 m3/h -Altura [H] máx. 12 m -Temp. Líquido: +15°C a +110°C -Presión sistema: máx. 10 bar.</p> <p>Aplicaciones Circulación de agua caliente en sistemas de calefacción para bloques de viviendas, colegios, hospitales, hoteles, industria, etc.</p> <p>Características y ventajas -Silenciosa -Bajo consumo. Clasificación energética: Clase A -Amplia gama -Ajuste automático del funcionamiento</p>	<p>Und</p>	<p>1</p>
<p>33</p>	<p>Tanque de expansión 300 L. Marca GWS.</p> 	<p>-Tecnología de diafragma CAD-2 patentada. -Conexión de agua de acero inoxidable. -Diseño de doble diafragma, elimina la condensación -Acabado automotriz de pintura poliuretano sobre una base de epoxi. -Libre de fugas de aire, tapa de la válvula sellada con espuma de celda. -Exhaustivas pruebas. -No requiere mantenimiento.</p>	<p>Und</p>	<p>1</p>
<p>34</p>	<p>Intercambiador de calor. Marca Unex.</p> 	<p>-Producto austriaco -Auto limpieza -Realiza un intercambio de temperatura entre el circuito del sistema solar térmico y el circuito de agua caliente sanitaria. Ventajas: 1. Garantiza el suministro de ACS limpia 2. Protege el circuito solar térmico contra cal y sedimentos. -Las temperaturas de trabajo de -20°C a 250°C -Coeficientes de transferencia de calor -Baja caída de presión -Área de transferencia de calor desde 0,09 hasta 65,4 m²</p>	<p>Und</p>	<p>4</p>

35	Bombas de recirculación circuito tanques a calefacción. Marca Grundfos		Und	1
36	Tubería de cobre y valvulería. <i>Aislamiento poliuretano.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tubería de cobre - Columnas entre estación solar y tanque de tubería Pex - Accesorios de tipo pesado - Aislamiento Poliuretano Blando con protección contra efectos ambientales - Señalización acrílica - Soportería -Aislamiento Poliuretano. -Protección para partes expuestos al exterior. -Valvulería 	Glob	1
37	Material de interconexiones eléctricas de válvulas y equipos Briza.		Glob	1
38	Válvula termostática de tres vías "High Capacity" 2". 	<ul style="list-style-type: none"> -Rango de temperatura 90°F - 140°F (130° - 180°F opcional) -Tamaños ¾", 1", 1-¼", 1-½", 2" FNPT -Patentado "agarre con los dedos" pads para facilitar transporte en línea mantenimiento. -Elaborado en USA – ARRA Compliant. 	Und	2
39	Contactador ON/OFF del sistema.		Und	64
40	Ducteria de distribución de aire con aislamiento poliuretano.		Glob	1
41	Líneas de evacuación de condensado.		Glob	1
42	Tubería distribución de líquido conductor de calor con aislamiento poliuretano.	-Según las exigencias del proveedor y las normas colombianas que aplican.	Glob	1
43	Cableado.		Glob	1
Adaptación del sistema calderas de apoyo				
44	Accesorios interconexión caldera cobre y valvulería tipo pesado.	<ul style="list-style-type: none"> - Tubería de cobre - Columnas entre estación solar y tanque de tubería Pex - Accesorios de tipo pesado - Aislamiento poliuretano blando con protección contra efectos ambientales - Señalización acrílica - Soportería 	Glob	1

45	<p>Bomba de retorno. Caudal 15 m3/hora. Marca Grundfos.</p> 	<p>Bomba centrífuga de aspiración axial compacta, fiable, horizontal y multietapas con puerto de aspiración axial y puerto de descarga radial.</p> <p>El eje, los impulsores y las cámaras están fabricados en acero inoxidable. Las piezas de entrada y descarga están fabricadas en fundición. El cierre mecánico es de junta tórica y no equilibrado, y posee un diseño especial.</p> <p>La conexión de las tuberías se lleva a cabo por medio de roscas de tubería Whitworth internas, Rp (ISO 7/1).</p> <p>La bomba está equipada con un motor asíncrono de 3 fases, refrigerado por ventilador y montado sobre soportes. El motor incluye un convertidor de frecuencia y un controlador PI en la caja de conexiones.</p>	Und	1
46	Accesorios. Manómetros. Termostatos. Nomenclatura.		Glob	1
47	<p>Material y tubos eléctricos (metálicos) para conexión de calderas y tanques.</p>	<p>-Tubería emt en interiores. -Tubería galvanizada en exteriores</p>	Glob	1

4.1 EQUIPOS PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

MENOR CONSUMO DE ENERGÍA GRACIAS AL MENOR PESO Y CONTENIDO DE AGUA



Una masa pequeña se calienta más rápido que una grande. Es una ley física. Los radiadores Jaga Low-H₂O contienen hasta un 90% menos de agua que un radiador convencional.

Además, no tienen materiales pesados que tengan que calentarse primero. El intercambiador de calor ultra-moderno de aluminio y cobre

transfiere el calor a la habitación inmediatamente. El radiador Low-H₂O reacciona entonces más rápido a una demanda de calor, proporcionando mayor confort con menor consumo de energía. Los estudios científicos demuestran que una instalación con radiadores Low-H₂O consume entre un 5 y un 15%** de energía menos que una instalación con radiadores convencionales. Porque alcanza rápidamente la temperatura deseada, y porque no siguen calentando innecesariamente al alcanzar la temperatura óptima. Así se derrocha menos.

* El peso indicado comprende el contenido de agua y la masa térmica de un radiador de 1000 W a 55/45/20.

** El ahorro depende del método de construcción, el clima y el comportamiento de los ocupantes.

Figura 3.1 Componentes del radiador Jagga.



EL RADIADOR CON **CONDUCTIVIDAD DE CALOR SUPER RÁPIDA**. El intercambiador de calor Jaga Low-H₂O no está hecho de acero sino de los superconductores cobre y aluminio, que transfieren su calor directamente a la habitación. Las ventajas de estos materiales aumentarán cada vez más a medida que disminuye la temperatura del agua. La inyección matricial en serie con hasta 16 tubos de cobre y la forma óptima de las aletas de aluminio corrugado aseguran **una transmisión de calor máxima del agua de la calefacción al aire**. Tan pronto como la válvula del termostato se abre, el calor se distribuye rápido, uniformemente y con precisión a través del espacio.

EJEMPLO DE CONSUMO DE ENERGÍA EN EL ARRANQUE				
para un sistema de calefacción de 10 kW - régimen 45/35/20°C				
	suelo radiante	radiador hierro fundido	panel de chapa	los radiadores Jaga Low-H ₂ O
Energía necesaria para la puesta en marcha del sistema (m ³ gas)*	3.9	1.9	0.7	0.05
Emisión de CO ₂ (g)	7577	3698	1446	110
Calor almacenado (kWh)	35.1	17.1	6.7	0.5

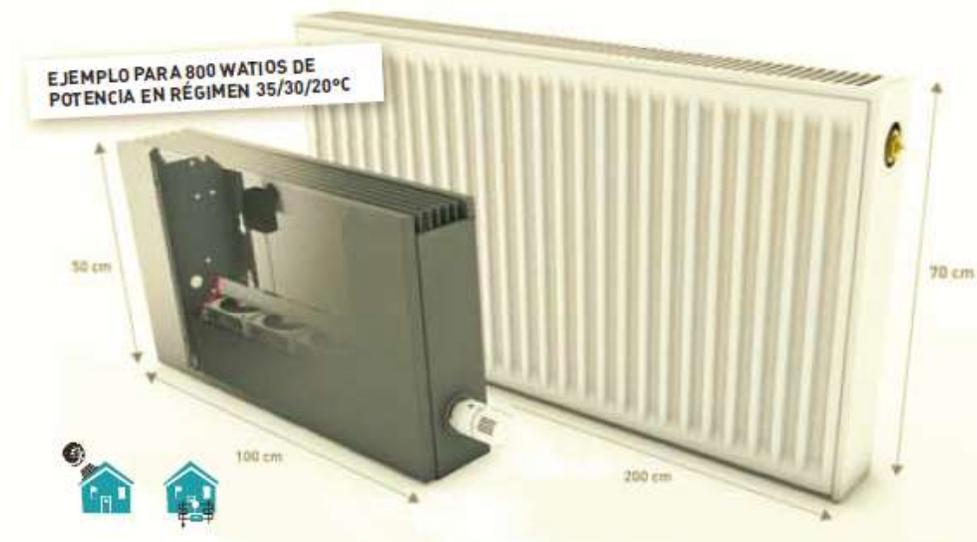
*Energía para calentar el sistema, antes de que el calor se disipe en el ambiente.

4.1.3 LOW H₂O CON DBE



“Cuanto menor sea la temperatura del agua, los radiadores serán más grandes. Pero con DBE casi no hay sobredimensionamiento. Low-H₂O con DBE es el radiador perfecto para bombas de calor.”

LOW-H₂O CON DBE: LOS RADIADORES MÁS COMPACTOS



HASTA TRES VECES MÁS EMISIÓN. Las bombas de calor y sistemas solares requieren radiadores considerablemente más grandes, ya que trabajan con temperaturas muy bajas que a veces no superan los 35°C. Los radiadores Low-H₂O no tienen que ser mucho más grandes, ya que el efecto Boost dinámico (DBE), proporciona dos o tres veces más emisión. Por otra parte, la versión DBE Pro también es adecuada para el enfriamiento pasivo, que muchas bombas de calor incluyen. Con DBE puede cambiar fácilmente a cualquier sistema respetuoso con el medio ambiente.

4.1.3.1 ¿POR QUÉ USAR EL DBE?

Su alta emisión puede ser aprovechada de dos maneras:

- Para poder reducir el tamaño del radiador por falta de espacio
- Para poder trabajar con bajas temperaturas de impulsión sin tener que poner radiadores más grandes, por ejemplo si cambiamos a una caldera de condensación o bomba de calor. Los radiadores Low-H₂O con DBE son eficaces a una temperatura de impulsión de 35°C.

4.1.3.2 ¿CÓMO FUNCIONA EL DBE?

El DBE mide continuamente la temperatura de la estancia y la temperatura del agua y funciona de manera independiente. Durante la mayor parte de la temporada de calefacción, el intercambiador de calor Low-H₂O será suficiente para mantener el confort. Pero cada vez que haya una gran demanda de calor, por ejemplo al arrancar por la mañana, o cuando de repente se utilice una habitación que no estaba calefactada, o en días de frío extremo, el propio sistema cambiará automáticamente a modo confort para proporcionar más emisión y por tanto un calentamiento mucho más rápido. El sistema modula de forma casi inaudible de acuerdo con la demanda de calor. La función Boost es capaz de acelerar aún más el calentamiento, aunque aumenta su nivel sonoro. El Boost se apaga automáticamente después de unos 15 minutos. El DBE combina lo mejor de la calefacción estática y dinámica.

4.1.3.3 ¿CÓMO INSTALAR EL DBE?

Contenido de un set DBE:

- Uno o más activadores (de acuerdo a la longitud del radiador) que se colocan sobre el intercambiador de calor
- Una fuente de alimentación de 230V a 12V, que no se utilizará si hay alimentación de 12V disponible
- Unidad de control de montaje click sobre el extremo del intercambiador
- Panel de control, accesible desde la rejilla, con las funciones de: encendido/apagado y modo boost



4.1.4 RADIADOR JAGA. REFERENCIA BRISE

Brise es un emisor de climatización con doble identidad. Su funcionamiento híbrido proporcionará un confortable calor en invierno y refrescante frío en verano. Así mantiene el interior a la temperatura ideal durante todo el año.

- **ULTRA-FINO Y SILENCIOSO**

La ingeniosa tecnología Low-H₂O, combina un silencioso sistema dinámico con un consumo eléctrico muy reducido. Brise es el más delgado y más potente de su clase. Es ideal para conectar a sistemas de baja temperatura como bombas de calor, sistemas de energía solar y calderas de condensación.

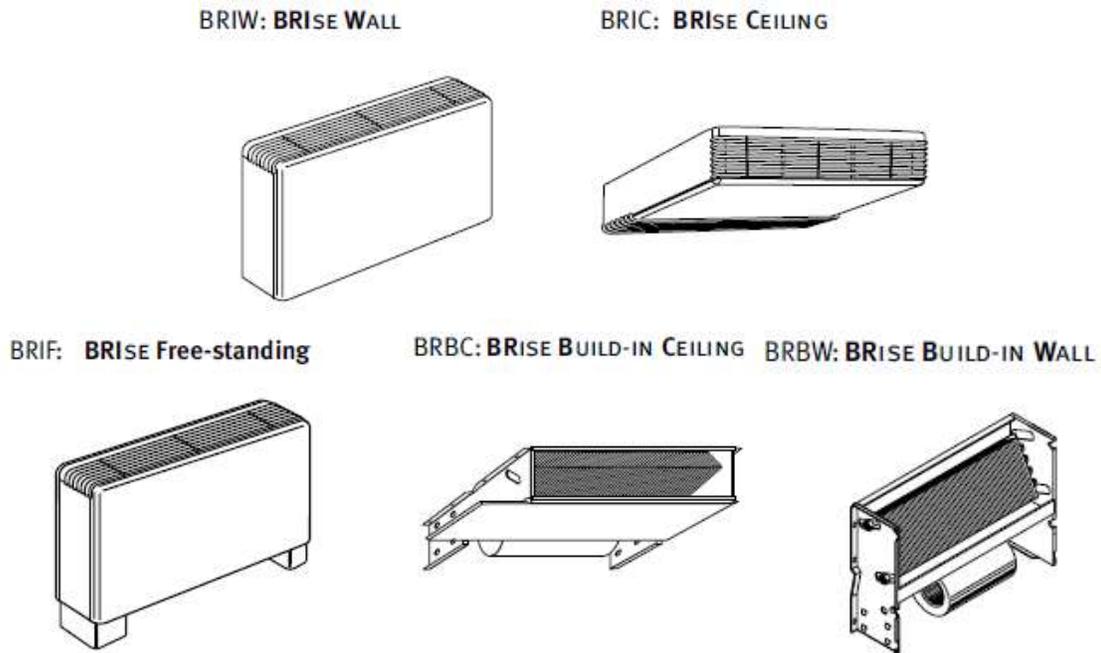


SUMINISTRO ESTÁNDAR

- Completamente premontado
- Color 133 blanco tráfico o 001 gris metálico arena
- Conexión hidráulica izquierda / conexión eléctrica derecha. [18]

- **FORMAS DE INSTALACIÓN**

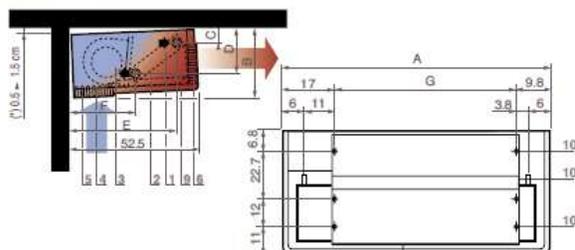
Figura 3.2 Formas de instalación Radiador Jagga. Referencia Brise



Fuente: JAGA. The Radiator Factory. Jaga España – Conves Termics.l.

Figura 3.3 Funcionamiento del radiador Jagga. Referencia Brise.

BRIC > BRISE CEILING

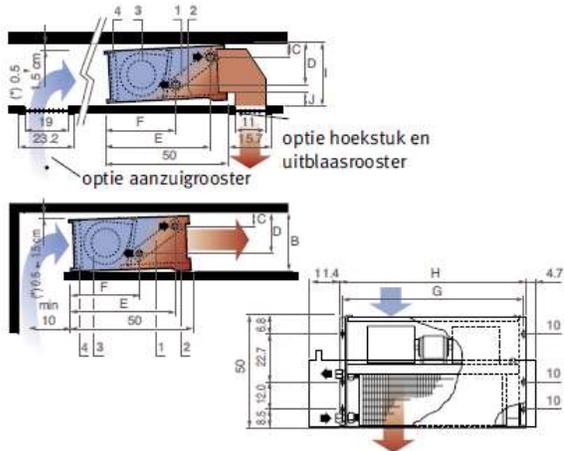


PARTS

1. Heat exchanger
2. Condensation tray
3. Fan(s)
4. Recyclable air filter (option)
5. Air inlet grille
6. Air exhausting grille
9. Casing
10. Holes for fixing to the ceiling

- > Max. height of the ceiling: 2.80 m.
- > (*) Fit the ventilo-fan convector with a slight inclination to facilitate the drainage of the condensation water.
- > The model BRIC or BRBC may also be fitted vertically, when it will only be used for heating.
- > Provide an air vent on the central heating tube.

BRBC > BRISE BUILD-IN CEILING



DIMENSIONS MODEL BRIC AND BRBC

Size	02	03	04	06	08	10
A	82.5	82.5	110.0	110.0	137.5	165.0
B	23.0	23.0	23.0	23.0	27.5	27.5
C	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
D	15.3	15.3	15.3	15.3	22.5	22.5
E	45.5	45.5	45.5	45.5	46.3	46.3
F	25.5	25.5	25.5	25.5	26.0	26.0
G	55.7	55.7	83.2	83.2	110.7	138.2
H	57.5	57.5	85.2	85.2	112.7	140.2
I	36.5	36.5	36.5	36.5	41.0	41.0
J	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
conn. heat exchanger	1/2" G	1/2" G	1/2" G	3/4" G	3/4" G	3/4" G
conn. air vent	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"
Weight in kg:						
BRIC (with casing)	18	19	24	26	38	50
BRBC (without casing)	14.5	15	20	22	33	43.5

- > option air inlet grille: do not mount it to close to the brise to avoid that the exhausted hot air will be sucked in again.

Fuente: JAGA. The Radiator Factory. Jaga España – Conves Termics.l.

• TECHNICAL DATA

	Size	02	03	04	06	08	10
Heat output at ΔT 50	75/65 °C- 20°C						
	kW max.	4.00	5.56	8.07	11.53	19.48	21.02
	med.	3.60	5.00	7.26	10.38	16.78	18.92
	min.	3.04	4.22	6.13	8.76	14.17	15.97
Heat output at ΔT 60	90/70 °C- 20°C						
	kW max.	4.80	6.67	9.69	13.84	23.38	25.23
	med.	4.32	6.00	8.72	12.46	20.14	22.71
	min.	3.65	5.07	7.36	10.52	17.01	19.17
Total cooling capacity at	7/12°C - 19°C N.B.						
	kW max.	1.63	2.28	3.37	4.88	8.02	9.97
	med.	1.47	2.05	3.03	4.39	7.22	8.79
	min.	1.24	1.73	2.56	3.71	6.10	7.40
Perceptible cooling capacity at	7/12°C - 25°C D.B.						
	kW max.	1.16	1.67	2.40	3.50	5.80	6.90
	med.	1.04	1.50	2.16	3.15	5.22	6.21
	min.	0.88	1.27	1.28	2.66	4.41	5.24

Air flow	m ³ /u						
	max.	380	500	700	880	1350	1700
	med.	295	390	545	690	1050	1325
	min.	220	290	410	510	720	955
Sound level. Frame of reference 0.0002 µbar	dB(A)/NR						
	max.	41/36	47/42	44/39	50/46	50/45	53/50
	med.	35/31	35/31	36/32	37/33	43/38	43/38
	min.	29/25	29/26	30/26	31/27	33/30	37/33
Electric connection	V - f - Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50
Water content	litre	0.66	0.86	1.34	1.96	3.75	4.03
Sound level Db reference=10 ⁻¹² w (1)							
	HZ 125 max./med./min.	48/45/42	52/46/42	49/44/38	53/45/38	55/49/45	58/50/46
	HZ 250 max./med./min.	46/44/39	52/45/40	50/43/38	55/44/39	57/50/43	60/51/46
	HZ 500 max./med./min.	46/40/35	51/41/36	49/41/36	56/42/37	54/47/40	57/50/44
	HZ 1000 max./med./min.	42/36/30	47/37/31	49/37/32	51/38/34	51/44/35	55/46/40
	HZ 2000 max./med./min.	37/30/23	44/31/23	39/30/24	46/30/25	47/39/30	53/44/34
	HZ 4000 max./med./min.	32/26/23	40/27/22	36/26/21	41/27/22	42/36/27	47/38/29
	HZ 8000 max./med./min.	25/24/20	37/26/20	33/25/20	37/26/21	34/30/21	39/29/27
Sound level (2) reference=0.0002 µbar	NR/NC/dBa						
		42/45/48	42/46/52	38/44/49	38/45/53	45/49/55	46/50/58
Number of fans		1	1	2	2	2	3
Number of motors		1	1	1	1	1	1
Capacity condenser	µF	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2
Power	watts	45	68	103	125	193	210
Current	A	0.21	0.32	0.48	0.59	0.92	0.99

Fuente: JAGA. The Radiator Factory. Jaga España – Conves Termics.I.

4.1.5 CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE RADIADORES.

	Área m ²	Pérdidas de calor (Valor U) W/m ² K	Temperatura interior	Temperatura mínima exterior	Delta T [Temp. Int.-Temp. Min Ext]	Pérdidas de calor W/m ² [Perdidas de calor*DeltaT]	Total de pérdidas por superficie [Área*Perdidas de calor]
Ventana	2,6*1,45 3,77	5,71	21	8	13	74,23	279,85
Techo	66	1,99	21	8	13	25,87	1.707,42
Paredes	((10,15+3,75 +4,25+4,85)* 2,5)-3,77 53,73	2,62	21	8	13	34,06	1.830,04
TOTAL							3.817,31
Pérdidas temp. m² [Total/Área techo]							57,84

Calor específico del aire 70 % de HR a 15 °C en Bogotá [kW/(m ³ *K)]	Área	Altura	Volumen [Área*Altura]	Temp. mínima	Temp. deseada	Delta T [Temp. deseada-Temp.min.]	Tiempo calentamiento [H]
0,00025864	1	2,5	2,5	16	21	5	1

Necesidad de calentamiento [Calor específico*Volumen*Delta/Tiempo de calentamiento]	0,003233	[kW/h m ²]
Perdidas por m² [Pérdidas temp. m ² /1000]	0,06	[kW/h m ²]
Total necesidad calentamiento m² [Necesidad de calentamiento + Perdidas por m ²]	0,061071044	[kW/h m ²]
Necesidad 100% proyecto [Total necesidad calentamiento m ² *Área proyecto]	177,1060274	kWh
Simultaneidad	0,7	
Necesidad proyecto [Necesidad 100% proyecto*Simultaneidad]	123,9742192	kW
Caudal requerido [Necesidad proyecto/(1,16*5)]	21,37	m ³ /hr 45-40 grados
Caudal requerido [Necesidad proyecto/(1,16*15)]	7,12	m ³ /hr 50-35 grados

$\frac{((T_{in}+T_{out})/2)-T_{room}}{50}$ *	Poder equipo a 75/65°C	T _{in}	T _{out}	T _{room}
T _{in} +T _{out}	90	55	35	22
$\frac{(T_{in}+T_{out})}{2}$	45			
$\frac{((T_{in}+T_{out})/2)-T_{room}}$	23			
$\frac{((T_{in}+T_{out})/2)-T_{room}}{50}$	0,46			

*Ecuación suministrada para distribuidor de Jaga.

Size	2	[4*0,46]	1,84
	3	[5,56*0,46]	2,5576
	4	[8,07*0,46]	3,7122

Tipo de aptos	m ²	Cantidad	Total [m ² * cantidad]	Necesidad de calentamiento por apto [m ² *Necesidad]	Necesidad [kWh/m ²] [Total necesidad calentamiento m ²]	Relación Ref. Brise con Nec. De calentamiento	Brise 04	Brise 03	Brise 02
Tipo1	55	12	660	3,358907417	0,061071044	Brise04	12		
Tipo2 piso 3+4	45	12	540	2,748196977	0,061071044	Brise04	8		
Tipo3 piso 3+4	45	12	540	2,748196977	0,061071044	Brise04	8		
Tipo2 piso2									4
Tipo3 piso 2									4
Hall	60	1	60	3,664262636	0,061071044	Brise04	1		
Tipo 4	50	8	400	3,053552197	0,061071044	Brise04	8		
Tipo 5	30	16	480	1,832131318	0,061071044	Brise02			16
Tipo 6 Hab 1	55	4	220	3,358907417	0,061071044	Brise04	4		
		Área proyecto	2900			TOTAL	41	8	16
Superficie hotel 70% ocupado		0,7	2030			TOTAL 65 Radiadores Jagga. Referencia Brise			

COSTOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO Y DE CALEFACCIÓN

5.1 COSTOS DEL PROYECTO

A continuación se presenta el presupuesto detallado de obra y el resumen de la misma.

“Sistema solar térmico para la generación de agua caliente sanitaria (acs) y calefacción del Hotel Grand House en Bogotá.”

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total
Sistema solar térmico					
1	Colector solar térmico. Marca Kioto	Und	24	\$ 1.014.651	\$ 24.351.635
2	Apoyos de colectores (Estructura para seis (6) colectores). Marca Kioto	Und	4	\$ 1.058.767	\$ 4.235.067
3	Conexiones entre colectores	Und	42	\$ 15.882	\$ 667.023
4	Tapones	Und	8	\$ 8.382	\$ 70.408
5	Tanque acumulador 1000 Gal. Acero Inoxidable 304. Aislamiento poliuretano.	Und	1	\$ 33.611.642	\$ 33.611.642
6	Bombas de recirculación circuito tanques calefacción. Marca Grundfos	Und	1	\$ 2.310.800	\$ 2.310.800
7	Unidad de lavado y llenado	Und	1	\$ 168.058	\$ 168.058
8	Estación solar con control solar. Marca Resol. Modelo Bx Plus.	Und	1	\$ 6.239.161	\$ 6.239.161
9	Control de caudal 3/4". Marca Taconova	Und	4	\$ 360.485	\$ 1.441.939
10	Control de caudal 1". Marca Taconova	Und	1	\$ 390.525	\$ 390.525
11	Tanque de expansión 100 L. Marca GWS	Und	1	\$ 1.636.992	\$ 1.636.992
12	Intercambiador de calor. Marca Unex	Und	1	\$ 1.386.480	\$ 1.386.480
13	Desaireadores circuitos solares	Und	4	\$ 480.646	\$ 1.922.586
14	Armario para exteriores.	Und	1	\$ 6.932.401	\$ 6.932.401
15	Termómetros para las válvulas termostáticas de tres vías.	Und	2	\$ 150.202	\$ 300.404
16	Conexiones eléctricas	Und	5	\$ 554.592	\$ 2.772.960

	bombas/caldera				
17	Tubería y valvulería. Aislamiento Poliuretano.	Glob	1	\$ 31.510.914	\$ 31.510.914
18	Cableado, ductos y soportes	Glob	1	\$ 8.402.910	\$ 8.402.910
Subtotal sistema solar térmico					\$ 128.351.907
Sistema de medición y verificación					
19	Medidor de cantidad térmica. Marca Grundfos	Und	2	\$ 1.502.020	\$ 3.004.040
20	Datalogger Resol DL3 comunica con el central de monitoreo del edificio	Und	1	\$ 2.102.828	\$ 2.102.828
21	Sensor de radiación solar. Marca Resol CS10	Und	1	\$ 360.485	\$ 360.485
22	Modulo para señal óptica en casos de un error del sistema	Und	2	\$ 390.525	\$ 781.051
Subtotal sistema de medición y verificación					\$ 6.248.404
Sistema de calefacción					
23	Equipo de calefacción y refrigeración para todas las habitaciones del hotel. Referencia Brise 02. Marca Jaga.	Und	16	\$ 3.972.228	\$ 63.555.653
24	Equipo de calefacción y refrigeración para todas las habitaciones del hotel. Referencia Brise 03. Marca Jaga.	Und	8	\$ 4.192.908	\$ 33.543.261
25	Equipo de calefacción y refrigeración para todas las habitaciones del hotel. Referencia Brise 04. Marca Jaga	Und	41	\$ 4.707.826	\$ 193.020.873
26	Manifold central para distribución desde el cuarto de máquinas con desaireador, controles de caudal, manómetro y termómetros.	Und	1	\$ 1.618.315	\$ 1.618.315
27	Termostato de ambiente eléctrico.	Und	16	\$ 776.791	\$ 12.428.661
28	Alimentación eléctrica de los equipos	Und	16	\$ 339.846	\$ 5.437.539
29	Válvulas automatizadas de manejo de temperatura en los circuitos independientes	Und	32	\$ 294.533	\$ 9.425.068
30	Caudalímetro 1 1/2". Marca Taconova	Und	1	\$ 294.533	\$ 294.533
31	Unidad de lavado y llenado	Und	1	\$ 129.465	\$ 129.465
32	Bomba Grundfos cme de recirculación circuitos radiadores. Marca Grundfos.	Und	1	\$ 8.091.576	\$ 8.091.576
33	Tanque de expansión 300 L. Marca GWS	Und	1	\$ 1.544.755	\$ 1.544.755
34	Intercambiador de calor. Marca Unex	Und	4	\$ 6.473.261	\$ 25.893.044

35	Bombas de recirculación circuito tanques a calefacción. Marca Grundfos	Und	1	\$ 8.900.734	\$ 8.900.734
36	Tubería de cobre y valvulería. Aislamiento Poliuretano.	Glob	1	\$ 19.024.082	\$ 19.024.082
37	Material de interconexiones eléctricas de válvulas y equipos Briza	Glob	1	\$ 6.341.361	\$ 6.341.361
38	Válvula termostática de tres vías "High Capacity" 2"	Und	2	\$ 2.993.883	\$ 5.987.766
39	Contactador ON/OFF del sistema	Und	64	\$ 161.756	\$ 10.352.386
40	Ducteria de distribución de aire con aislamiento poliuretano	Glob	1	\$ 138.648.023	\$ 138.648.023
41	Líneas de evacuación de condensado	Glob	1	\$ 4.621.601	\$ 4.621.601
42	Tubería distribución de líquido conductor de calor con aislamiento poliuretano	Glob	1	\$ 58.847.827	\$ 58.847.827
43	Cableado	Glob	1	\$ 17.566.309	\$ 17.566.309
Subtotal sistema calefacción					\$ 623.008.407
Adaptación del sistema calderas de apoyo.					
44	Accesorios interconexión caldera cobre y valvulería tipo pesado.	Glob	1	\$ 2.942.391	\$ 2.942.391
45	Bomba de retorno. Caudal 15 m ³ /hora. Marca Grundfos	Und	1	\$ 7.355.978	\$ 7.355.978
46	Accesorios. Manómetros. Termostatos. Nomenclatura	Glob	1	\$ 1.471.196	\$ 1.471.196
47	Material y tubos eléctricos (metálicos) para conexión de calderas y tanques	Glob	1	\$ 7.355.978	\$ 7.355.978
Subtotal adaptación del sistema calderas de apoyo					\$ 19.125.544

El **TOTAL COSTOS DIRECTOS** es la sumatoria del

- *Sistema solar térmico:* \$ 128.351.907
- *Sistema de medición y verificación:* \$ 6.248.404
- *Sistema calefacción:* \$ 623.008.407
- *Adaptación del sistema calderas de apoyo:* \$ 19.125.544

TOTAL COSTOS DIRECTOS: \$ 776.638.887

Con la estimación **TOTAL DE COSTOS DIRECTOS** calculamos los costos de *administración, imprevistos y utilidad* con sus respectivos porcentajes para obtener el **TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS**. Arrojando **\$ 922.646.997** como valor **TOTAL DE LA INVERSIÓN**.

TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$ 776.638.887
ADMINISTRACIÓN	10%	\$ 77.663.889
IMPREVISTOS	3%	\$ 23.299.167
UTILIDAD	5%	\$ 38.831.944
IVA SOBRE UTILIDAD	16%	\$ 6.213.111
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		\$ 146.008.111
TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS		\$ 922.646.997

VIABILIDAD FINANCIERA DEL SISTEMA DE REFERENCIA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA PROPUESTO

6.1. SISTEMA CONVENCIONAL DE REFERENCIA

El precio de la caldera referencia es un precio que representa un sistema de calentamiento y de calefacción convencional que se puede adquirir en el mercado. La caldera de referencia **NO ES PARTE DE LA PROPUESTA**, se establece un valor económico del sistema convencional para realizar una comparación económica y evaluar si es factible una mayor inversión del sistema que genera ahorros en consumo de combustible y se amortiza esta mayor inversión por los ahorros generados.

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total
Sistema de calentamiento de ACS				
Calderas a gas. 150 kW. Eficiencia del 75%	Und	0	\$ 0	\$ 0
Tanque de almacenamiento de agua caliente sanitaria con aislamiento y accesorios	Und	0	\$ 0	\$ 0
Bomba de recirculación de agua caldera-tanques	Und	0	\$ 0	\$ 0
Bomba de retorno	Und	0	\$ 0	\$ 0
Transporte e instalación	Glob	0	\$ 0	\$ 0
Tubería y accesorios de instalación	Glob	0	\$ 0	\$ 0
			Subtotal	\$ 0
			IVA 16%	\$ 0
			Subtotal calentamiento ACS	\$ 0
Sistema de calefacción				
Equipo para calefacción y refrigeración	Und	65	\$ 2.400.000	\$ 156.000.000
Instalación eléctrica y automatización	Und	65	\$ 250.000	\$ 16.250.000
Transporte e instalación radiadores	Und	65	\$ 500.000	\$ 32.500.000
			Subtotal	\$ 204.750.000
			IVA 16%	\$ 32.760.000
			Subtotal calefacción	\$ 237.510.000
			TOTAL	\$ 237.510.000

6.2 CALCULO AHORROS ANUALES SISTEMA PROPUESTO Y CONVENCIONAL.

La tabla de comparación toma como referencia el sistema de calentamiento convencional, el precio del sistema resulta de un estudio de mercado.

El sistema solar térmico tiene una vida útil de mínimo 25 años. Para comparar los equipos, hay que contemplar que los sistemas de una vida útil menor a 25 años tienen que ser reemplazados una vez hayan cumplido su vida útil generando nuevas inversiones y nuevos costos.

No se contempla ninguna inflación en los cálculos. El porcentaje de aumento de gas se calculó con precios constantes, en donde se resta el factor de la inflación.

Los consumos del sistema se han simulado por medio de un software y han sido comprobados por las simulaciones de la empresa Bosch/Buderus. Siempre cuando se cambien equipos que acabaron su vida útil con equipos nuevos se vuelve a calcular con la eficiencia inicial del equipo.

Unidad	Valor
1. Sistema de calentamiento GIE: Solar térmico con caldera auxiliar Bosch Therm 8000 S	
Precios adquisición sistema solar térmico ACS + Calefacción	\$ 900.039.157
Precios adquisición sistema de calentamiento auxiliar	\$ 22.607.840
Consumo anual de gas m³ [kW consumidos por SST propuesto/(kW/m ³)]	14.661
Gastos de gas anualmente en el primer año [kW consumidos por SST propuesto/(kW/m ³)*(COP/m ³)]	\$ 13.635.031
Vida útil sistema solar térmico años	30
Vida útil calderas años	20
Readquisiciones necesarios en 25 años sistema solar térmico	1
Readquisiciones necesarios en 25 años sistema de calentamiento auxiliar [25 años/Vida útil calderas años]	1,25
Inversión en 25 años sistema solar térmico [Precios adquisición sistema solar térmico ACS+Calefacción*Readquisiciones necesarios en 25 años sistema solar térmico]	\$ 900.039.157
Inversión en 25 años sistema de calentamiento auxiliar [Precios adquisición sistema de calentamiento aux.*Readquisiciones necesarios en 25 años sistema de calentamiento aux.]	\$ 28.259.800
Inversión sistema entero en 25 años [Inversión SST+Inversión calentamiento aux]	\$ 928.298.957
Inversión por año [Inversión sistema entero/25 años]	\$ 37.131.958

2. Sistema de calentamiento convencional	
Precios de adquisición caldera convencional	\$ 237.510.000
Consumo anual de gas natural en m³ en el primer año [kWh anuales sistema convencional en el primer año]	151.745
Consumo anual de gas natural en m³ después 15 años [kWh anuales sistema convencional año 14+kWh anuales sistema convencional año 14*AUMENTO DE COMBUSTIBLE%]	222.631
Gastos de gas natural en el primer año [kW Eléctricos anuales sistema convencional*Electricidad COP/kW* Subida anual del precio de gas] Año 0	\$ 37.936.175
Gastos de gas natural en 10 años [kW Eléctricos anuales sistema convencional*Electricidad COP/kW* Subida anual del precio de gas] Año 10	\$ 71.427.589
Promedio anual en 15 años de gastos en consumo de electricidad Promedio de "Gastos anuales en COMBUSTIBLE COP" desde año 0 hasta 15	\$ 46.223.875
Porcentaje en aumento promedio anual de los gastos en consumo de electricidad	3,07%
Vida útil en años	15
Readquisiciones necesarios en 25 años sistema convencional [25 años/Vida útil en años]	1,67
Inversión sistema convencional en 25 años [Precios de adquisición caldera conv.*Readquisiciones necesarios en 25 años sistema conv.]	\$ 395.850.000
Inversión por año sistema convencional [Inversión sistema convencional en 25 años/25 años]	\$ 15.834.000

6.3 EXPLICACIÓN GRÁFICA Y CÁLCULO DE LOS AHORROS ANUALES

Los gastos del sistema de referencia así como el sistema propuesto se calculan por los gastos anuales en combustible de los sistemas, a este valor se suma el valor la inversión inicial de los sistemas repartidos sobre el periodo de uso. Los gastos en combustible estan aumentando con el incremento del precio del gas natural.

En la gráfica se puede contemplar los **gastos del sistema de referencia** en rojo. Siempre cuando se cambian equipos que acaban su vida útil, por equipos nuevos se vuelve a calcular con la eficiencia inicial del equipo.

El consumo del **sistema propuesto** en azul.

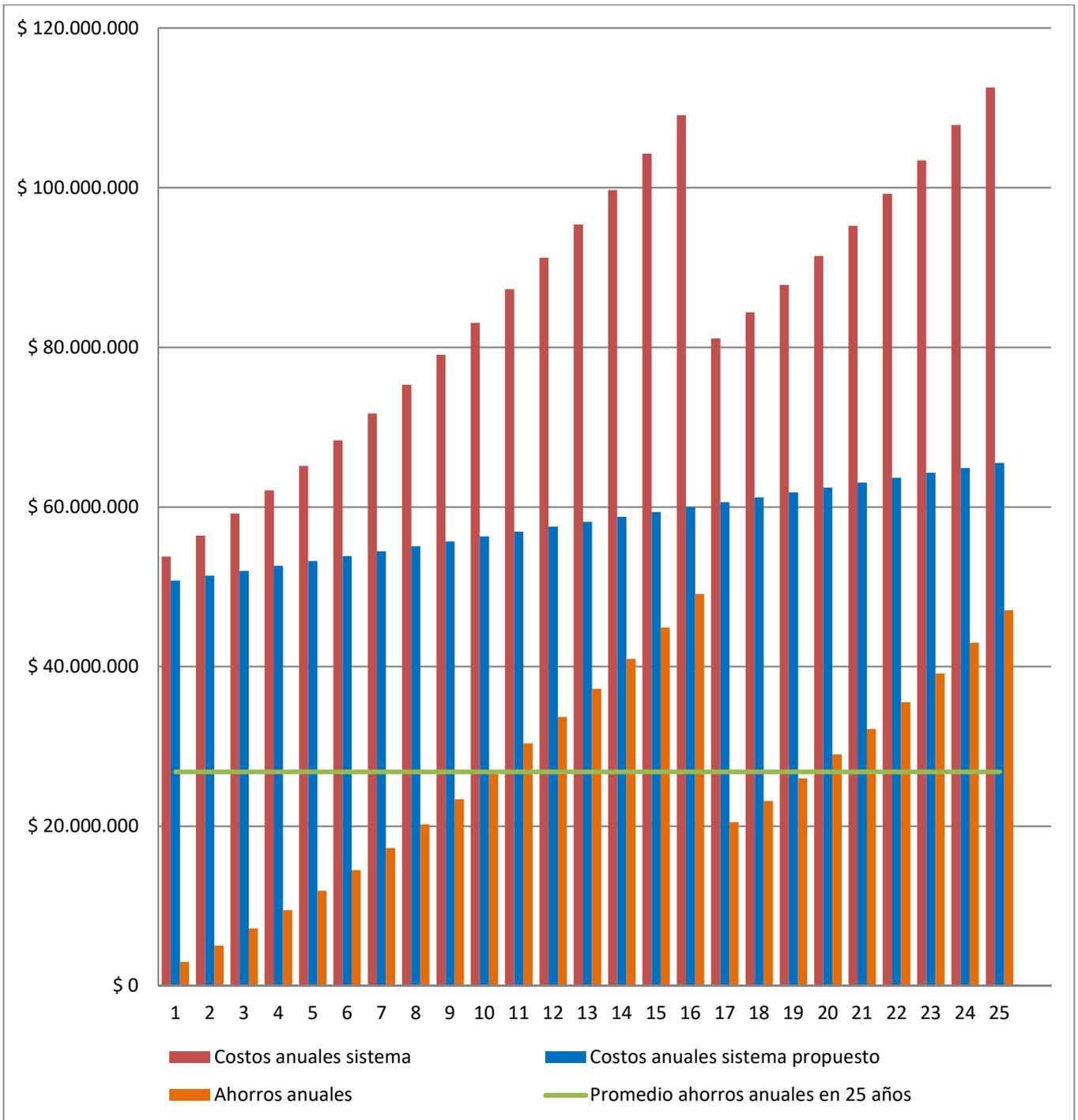
Los ahorros **que genera el sistema propuesto en comparación con el sistema de referencia** en naranja se calculan por la diferencia en los gastos anuales del sistema propuesto y del sistema de referencia.

La línea verde representa **el ahorro promedio que genera el sistema propuesto en el transcurso de 25 años**. El ahorro promedio anual que genera el sistema propuesto es de \$ 26.818.581 COP/año.

Año	Gastos en electricidad del sistema de referencia* [kW Eléctricos anuales sistema con.*Elec. COP/kW* Subida anual del precio de gas]	Inversión anual sistema de referencia [Inversión por año sistema convencional]	Costos anuales sistema [Gastos en electricidad del sistema de referencia+ Inversión anual sistema de referencia]	Gastos en combustible sistema propuesto* [Gastos anuales de energía sistema solar térmico*Subida anual del precio de gas]	Inversión anual sistema propuesto [Inversión por año SST]	Costos anuales sistema propuesto [Gastos en combustible sistema propuesto+ Inversión anual sistema propuesto]	Ahorros anuales [Costos anuales sistema- Costos anuales sistema propuesto]	Promedio ahorros anuales en 25 años
1	37.936.175	15.834.000	53.770.175	13.635.031	37.131.958	50.766.989	3.003.186	26.818.581
2	40.576.086	15.834.000	56.410.086	14.248.607	37.131.958	51.380.566	5.029.521	26.818.581
3	43.343.223	15.834.000	59.177.223	14.862.184	37.131.958	51.994.142	7.183.080	26.818.581
4	46.247.007	15.834.000	62.081.007	15.475.760	37.131.958	52.607.719	9.473.289	26.818.581
5	49.297.819	15.834.000	65.131.819	16.089.337	37.131.958	53.221.295	11.910.524	26.818.581
6	52.507.115	15.834.000	68.341.115	16.702.913	37.131.958	53.834.871	14.506.244	26.818.581
7	55.887.573	15.834.000	71.721.573	17.316.489	37.131.958	54.448.448	17.273.125	26.818.581
8	59.453.262	15.834.000	75.287.262	17.930.066	37.131.958	55.062.024	20.225.238	26.818.581
9	63.219.834	15.834.000	79.053.834	18.543.642	37.131.958	55.675.600	23.378.234	26.818.581
10	67.204.759	15.834.000	83.038.759	19.157.219	37.131.958	56.289.177	26.749.582	26.818.581
11	71.427.589	15.834.000	87.261.589	19.770.795	37.131.958	56.902.753	30.358.836	26.818.581
12	75.377.115	15.834.000	91.211.115	20.384.371	37.131.958	57.516.330	33.694.785	26.818.581
13	79.516.979	15.834.000	95.350.979	20.997.948	37.131.958	58.129.906	37.221.073	26.818.581
14	83.861.281	15.834.000	99.695.281	21.611.524	37.131.958	58.743.482	40.951.798	26.818.581
15	88.425.547	15.834.000	104.259.547	22.225.101	37.131.958	59.357.059	44.902.488	26.818.581
16	93.226.918	15.834.000	109.060.918	22.838.677	37.131.958	59.970.635	49.090.283	26.818.581
17	65.250.221	15.834.000	81.084.221	23.452.253	37.131.958	60.584.212	20.500.009	26.818.581
18	68.532.816	15.834.000	84.366.816	24.065.830	37.131.958	61.197.788	23.169.028	26.818.581
19	71.973.608	15.834.000	87.807.608	24.679.406	37.131.958	61.811.364	25.996.244	26.818.581
20	75.584.316	15.834.000	91.418.316	25.292.983	37.131.958	62.424.941	28.993.375	26.818.581
21	79.377.845	15.834.000	95.211.845	25.906.559	37.131.958	63.038.517	32.173.327	26.818.581
22	83.368.440	15.834.000	99.202.440	26.520.135	37.131.958	63.652.094	35.550.346	26.818.581
23	87.571.866	15.834.000	103.405.866	27.133.712	37.131.958	64.265.670	39.140.196	26.818.581
24	92.005.618	15.834.000	107.839.618	27.747.288	37.131.958	64.879.246	42.960.371	26.818.581
25	96.689.158	15.834.000	112.523.158	28.360.865	37.131.958	65.492.823	47.030.335	26.818.581
AHORRO EN 25 AÑOS							\$670.464.518	
AHORRO ANUAL PROMEDIO							\$ 26.818.581	

*Los gastos anuales en combustible calculan con un aumento anual de costos de gas de 4,5%

Figura 5.1 Ahorros generados por el sistema propuesto (Solar térmico +Caldera auxiliar)



6.4 COMPARACIÓN GASTOS EN COMBUSTIBLES SISTEMA CONVENCIONAL Y PROPUESTO.

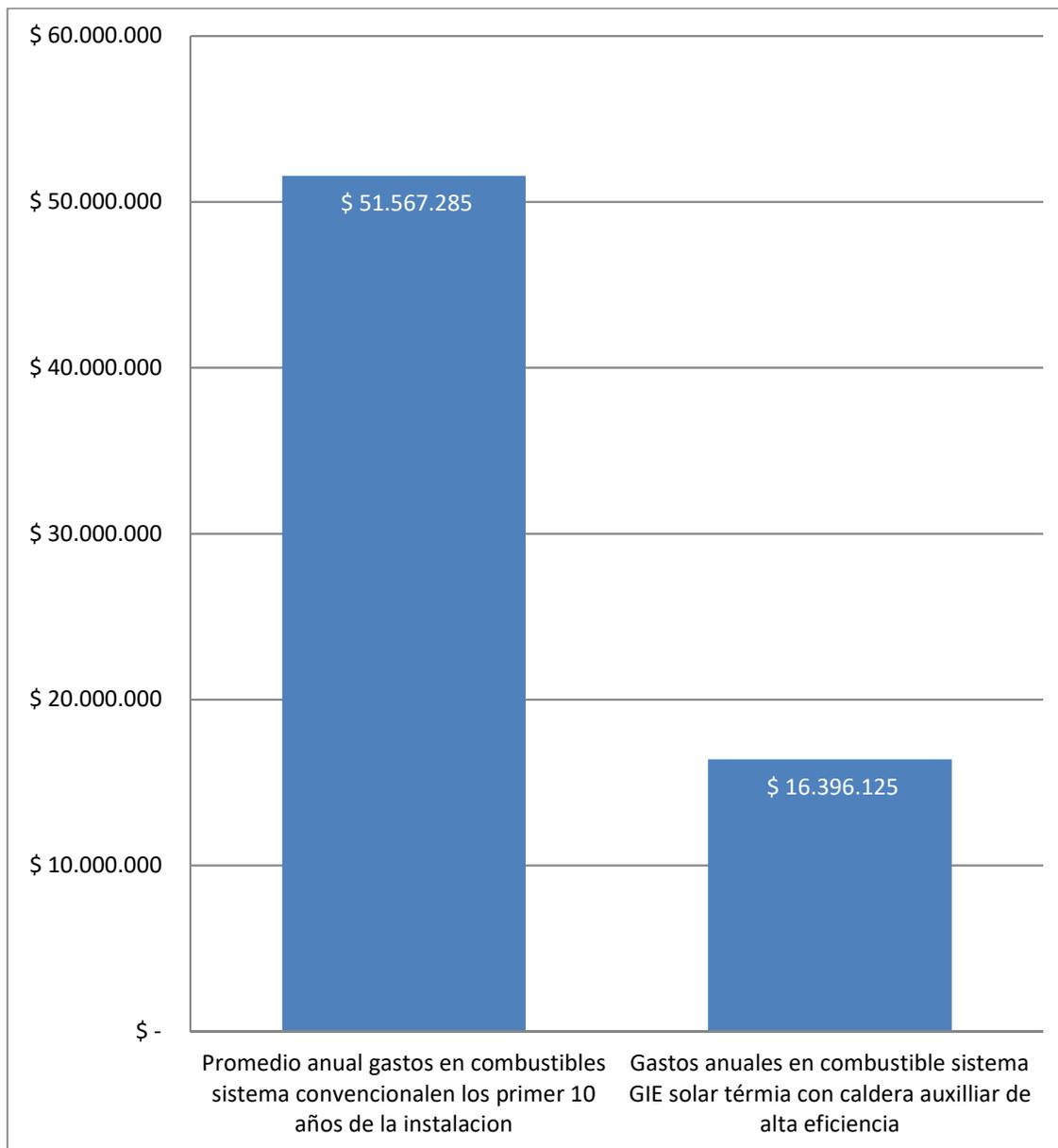
Tabla 5.1 Cálculo de porcentaje de ahorro anualmente

\$	37.936.175	Año 1	\$	13.635.031
\$	40.576.086	Año 2	\$	14.248.607
\$	43.343.223	Año 3	\$	14.862.184
\$	46.247.007	Año 4	\$	15.475.760
\$	49.297.819	Año 5	\$	16.089.337
\$	52.507.115	Año 6	\$	16.702.913
\$	55.887.573	Año 7	\$	17.316.489
\$	59.453.262	Año 8	\$	17.930.066
\$	63.219.834	Año 9	\$	18.543.642
\$	67.204.759	Año 10	\$	19.157.219
Promedio*	\$ 51.567.285	Promedio**	\$	16.396.125

*[kW Consumidos por sistema conv./ $(\text{kW}/\text{m}^3) \cdot (\text{COP}/\text{m}^3) \cdot \text{Subida anual del precio de gas}$]

**[kW Consumidos por SST propuesto/ $(\text{kW}/\text{m}^3) \cdot (\text{COP}/\text{m}^3) \cdot \text{Subida anual del precio de gas}$]

Figura 5.2 Grafica gastos anuales en combustible sistema convencional y propuesto.



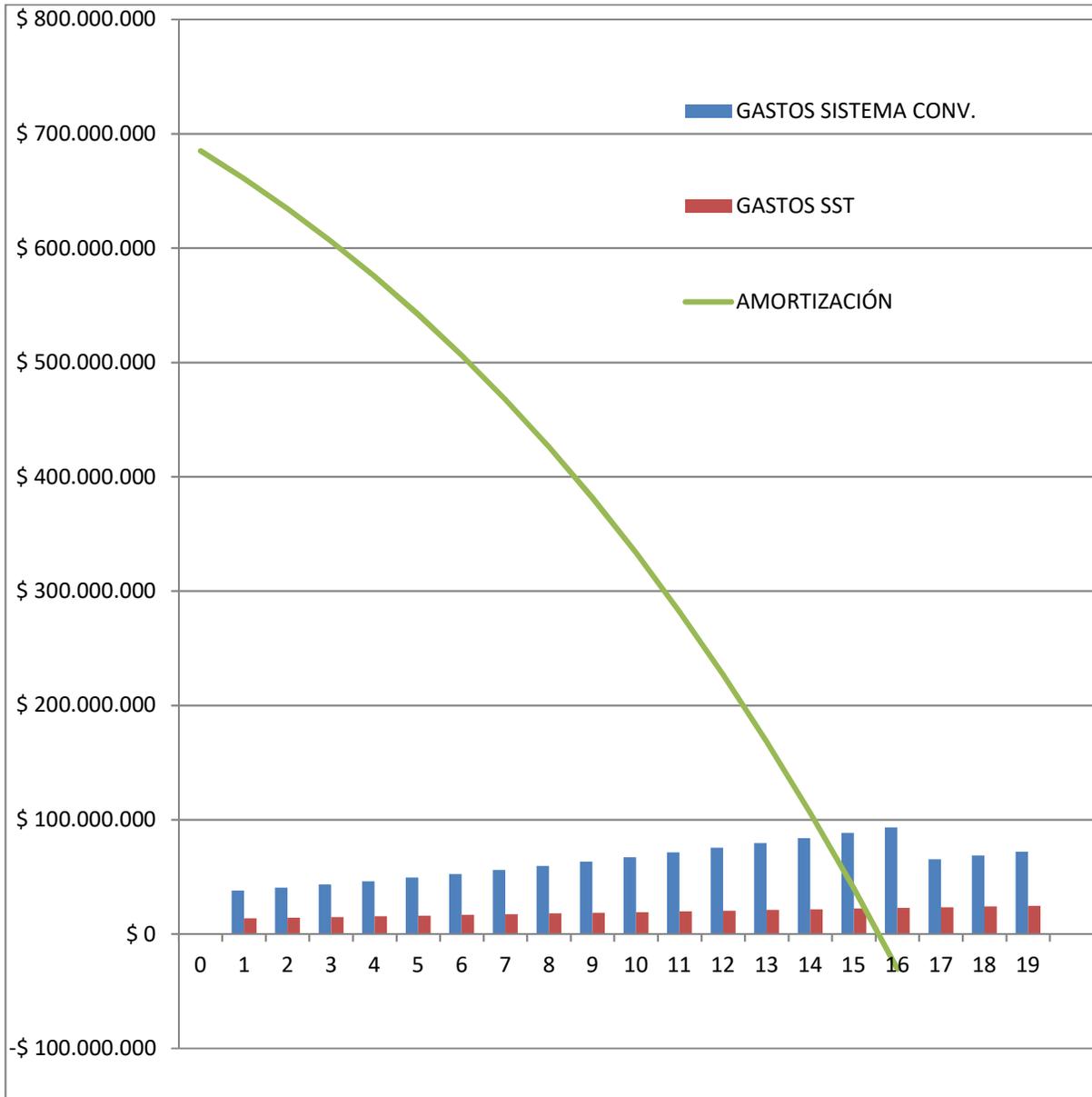
Por medio de la gráfica anterior podemos observar un aumento notorio en el consumo de combustible para el sistema convencional en comparación con el propuesto ya que toda la energía que se obtiene del sol por medio de los colectores solares, se ahorra de producir (quemando combustible en una caldera) o consumir (de la red eléctrica de distribución). De esta forma, un SST resulta ventajoso en comparación a un sistema convención debido al ahorro energético que produce el mismo.

6.5 AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO

Unidad	Valor
1. Sistema solar térmico con caldera auxiliar Bosch	
Precios de adquisición (COP)	\$ 922.646.997
Consumo anual de gas m³ [kW consumidas por SST propuesto/(kW/m ³)]	14.661
Gastos de gas primer año (COP) [kW consumidas por SST propuesto/(kW/m ³)*(COP/m ³)]	\$ 13.635.031
Vida útil calderas años	20
Vida útil sistema solar térmico años	30
2. Sistema de ACS convencional de referencia	
Precios de adquisición sistema de calderas (COP)	\$ 237.510.000
Consumo anual de gas en m³ en el primer año [kWh anuales sistema convencional año]	151.745
Consumo anual de gas en m³ después 20 años [kWh anuales sistema convencional año 19+kWh anuales sistema convencional año 19*AUMENTO DE COMBUSTIBLE%]	167.111
Gastos de gas en el primer año (COP) [kW Eléctricos anuales sistema convencional*(Electricidad COP/kW 300)]	\$ 37.936.175
Gastos de gas 20 años (COP) [kW Eléctricos anuales sistema convencional*(Electricidad COP/kW 300)] año 20	\$ 41.777.813
Promedio anual en 20 años de gastos en consumo de gas (COP) Promedio de "Gastos anuales en COMBUSTIBLE COP"	\$ 46.223.875
Porcentaje en aumento promedio anual del consumo de gas (COP) Promedio de "AUMENTO DE COMBUSTIBLE %"	3,07%
Vida útil en años	15
Comparación	
Sistema 1. Vs sistema 2	
Diferencia de inversión inicial sistema 1. Y sistema 2.	\$ 685.136.997
Porcentaje de ahorro en los primeros 10 años	68,20%

Porcentaje de ahorro en 20 años	70,00%
Ahorro anualmente	
Gastos anuales CONVENCIONAL incluyendo subida del precio de gas-Gastos anuales SST PROPUESTO incluyendo subida del precio de gas	
Año 1	\$ 24.301.144
Año 2	\$ 26.327.479
Año 3	\$ 28.481.039
Año 4	\$ 30.771.247
Año 5	\$ 33.208.483
Año 6	\$ 35.804.202
Año 7	\$ 38.571.084
Año 8	\$ 41.523.196
Año 9	\$ 44.676.192
Año 10	\$ 48.047.540
Año 11	\$ 51.656.794
Año 12	\$ 54.992.743
Año 13	\$ 58.519.031
Año 14	\$ 62.249.756
Año 15	\$ 66.200.447
Total	\$ 645.330.377
Tiempo de amortización años	15,6

Figura 5.3 Amortización del proyecto



CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación se enfoca al análisis técnico económico de un sistema solar térmico para la generación de agua caliente sanitaria y calefacción para el Hotel Grand House en Bogotá.

En este momento el Hotel Grand House ofrece el servicio de calefacción haciendo referencia a cuatro calentadores portátiles que son rotados por las habitaciones que necesiten este servicio. Debido a lo anterior es evidente la necesidad de instalación de una alternativa en soluciones de calentamiento de agua para la generación de calefacción aprovechando la energía del sol para generar calor por medio de un sistema solar térmico, usando como sistema de apoyo o respaldo una caldera eficiente a gas.

El estudio realizado de viabilidad económica para la instalación del sistema solar térmico arrojó que es de esperar unas tasas de retorno poco atractivas pero se encuentran dentro de un rango aceptable considerando que es poco probable encontrar tasas negativas. A pesar de ser una alta inversión \$ 922.646.997 con el tiempo se va amortizando con el ahorro energético con una vida útil como mínimo de 25 años.

De los resultados obtenidos podemos concluir que el sistema solar térmico tiene una vida útil de mínimo 25 años, las calderas una vida útil de mínimo 20 años. Para comparar los equipos propuestos con el sistema convencional, hay que contemplar que los sistemas de una vida útil menor a 20 años tienen que ser reemplazados una vez hayan cumplido su vida útil generando nuevas inversiones y nuevos costos. Llamados costos de mantenimiento correctivo. Siendo una ventaja en comparación a un sistema convencional.

Mediante este análisis se puede concluir que a pesar de realizar los cálculos pertinentes para el número de colectores solares que se deben instalar para obtener el aporte solar necesario para una alta eficiencia del sistema, se debe tener en cuenta que en la mayoría de los casos no se puede regir a estos cálculos debido a que la infraestructura y superficie disponible sobre la cubierta del edificio nos limita a realizar la instalación.

Otra ventaja que se puede observar en el sistema propuesto son los altos valores arrojados en el ahorro de CO₂ con 6.934,9 Kg y de combustible con 29.944,9 kWh, lo cual implica que a pesar de su alto costo de inversión se observa un paralelo en la reducción de emisiones de CO₂ y el consumo de combustible ya que al aportarle energía solar al sistema esto lo hace cada vez más rentable.

Las limitaciones económicas es una de las razones más influyente en la elección de un sistema solar térmico. A pesar de que con la instalación se compensa la disminución del consumo del combustible, se debe mantener un equilibrio entre el consumo de agua y el costo de la inversión. Por consiguiente es necesario plantear un financiamiento económico para hacer de una oferta una inversión atractiva y asequible al cliente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SISTEMAS SOLARES TERMICOS II. Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria. Programa de las naciones unidas para El Desarrollo (PNUD) Av. Dag Hammarskjold 3241, Vitacura, Chile.

- [2] Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation

- [3] TOBAJAS, Carlos M. Montaje y mantenimiento de instalaciones solares térmicas. Cano pina, Ediciones CEYSA. 1º Edición. 2012.

- [4] GUIA DE ENERGIA SOLAR – CONCURSO SOLAR PADRE HIMALAYA. SPES – Sociedad Portuguesa da Energía Solar ARENA- Agência Regional da Energía da Região Autónoma dos Açores. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2007

- [5] CASALS, Martí Rosas. Instalaciones de calefacción. Biblioteca multimedia de la industria. Editorial UOC, 2003. Pág. 18

- [6] IDEA. Instituto para la diversificación y ahorro de energía. Guía técnica de instalaciones de calefacción individual. E – 28004 – Madrid.

- [7] IDAE. ATECYR. Guía Técnica: Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. 2007.

- [8] CALEFACCIÓN CENTRAL.CL. Soluciones integrales en calefacción central, instalaciones de calderas, radiadores murales y losas radiantes. Funcionamiento de los radiadores. Disponible en: <http://www.calefaccioncentral.cl/calderas-murales/calderas-murales.html>

- [9] ALAMÀN, A., Esteban, J.L. y CHILLÒN J. Ma. Criterio de cálculo y diseño de tuberías en la edificación. DTIE 4.01 (Edición revisada). ATECYR. 2007.

- [10] IDEA, ATECYR. Guía Técnica: Mantenimiento de instalaciones térmicas. 2007

- [11] UPONOR. Aplicaciones de calefacción y climatización. Manual técnico sistema uponor de calefacción por radiadores. Disponible en:
<http://www.construnario.com/diccionario/swf/26092/manuales%20t%C3%A9cnicos/calefacci%C3%B3n%20radiadores.pdf>
- [12] IDAE. ATECYR. Guía Técnica: Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. 2007.
- [13] JUTGLAR, Luis. Miranda, Ángel Luis. Villarubia, Miguel. Manual de calefacción. Barcelona. Marcombo, 2011.
- [14] SALGADO, José Ma. Fernández. Guía completamente de la energía solar térmica y termoeléctrica. (Adaptada al código técnico de la edificación y al nuevo RITE). A. Madrid Vicente, ediciones. Madrid. 2008.
- [15] Guía del usuario. Polysun 6.0 – Solarthermal Simulation. Vela Solaris.
- [16] DUFFIE, J. y BECKMAN, W., Solar Energy Thermal Processes, Ed. Interscience., 1980.
- [17] AENOR. Informe UNE 100-030, de abril de 1994. Climatización. Guía para la prevención de la Legionella en instalaciones.
- [18] JAGA. The Radiator Factory. Jaga España – Conves Termics.l.