

## ÍNDICE

<b>7</b>	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS</b>	<b>2</b>
<b>7.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO</b>	<b>2</b>
7.1.1	Introducción	2
7.1.2	Descripción	2
7.1.3	Posibilidades prácticas	5
7.1.4	Especificaciones	5
7.1.5	Accesorios	8
7.1.6	Dimensiones y peso	8
7.1.7	Servicios requeridos	9
<b>7.2</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	<b>10</b>
7.2.1	Tecnologías “limpias”	10
7.2.2	El equipo del panel solar	11
7.2.3	Aplicaciones de los paneles solares	14
<b>7.3</b>	<b>RELACIÓN DE PRÁCTICAS</b>	<b>18</b>
7.3.1	Práctica 1. Estudio del funcionamiento del termosifón	18
7.3.2	Práctica 2. Estudio del perfil de iluminación de las lámparas	20
7.3.3	Práctica 3: Estudio del rendimiento del panel solar	21
7.3.4	Práctica 4: Estudiar la influencia del ángulo de inclinación del panel de lámparas sobre el rendimiento del equipo	22
7.3.5	Práctica 5: Relación entre el flujo y la temperatura	24
7.3.6	Práctica 6: Balance energético del colector solar	26
7.3.7	Práctica 7. Balance energético del tanque acumulador	27
7.3.8	Práctica 8: Determinación experimental de la eficiencia	29
7.3.9	Práctica 9. Influencia del ángulo de incidencia sobre la temperatura	31
<b>7.4</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>32</b>
7.4.1	Anexo I: Montaje, instalación y puesta en marcha	32
7.4.2	Anexo II: Calibración del caudalímetro	39

## 7 MANUAL DE PRÁCTICAS

### 7.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

#### 7.1.1 Introducción



El sol nos proporciona un amplio espectro de energía solar. A excepción de la luz que vemos a nuestro alrededor cada día, todos los otros tipos de energía solar son invisibles. Las otras partes del espectro consisten en rayos cósmicos, rayos gamma, rayos-x, infrarrojos, calor y energía ultravioleta.

La radiación solar es una forma de energía que puede ser transformada en otro tipo de energías aprovechables: eléctrica, calorífica, etc. Los sistemas que realizan esta transformación pertenecen al conjunto de nuevas tecnologías limpias, que no perjudican el medio ambiente.

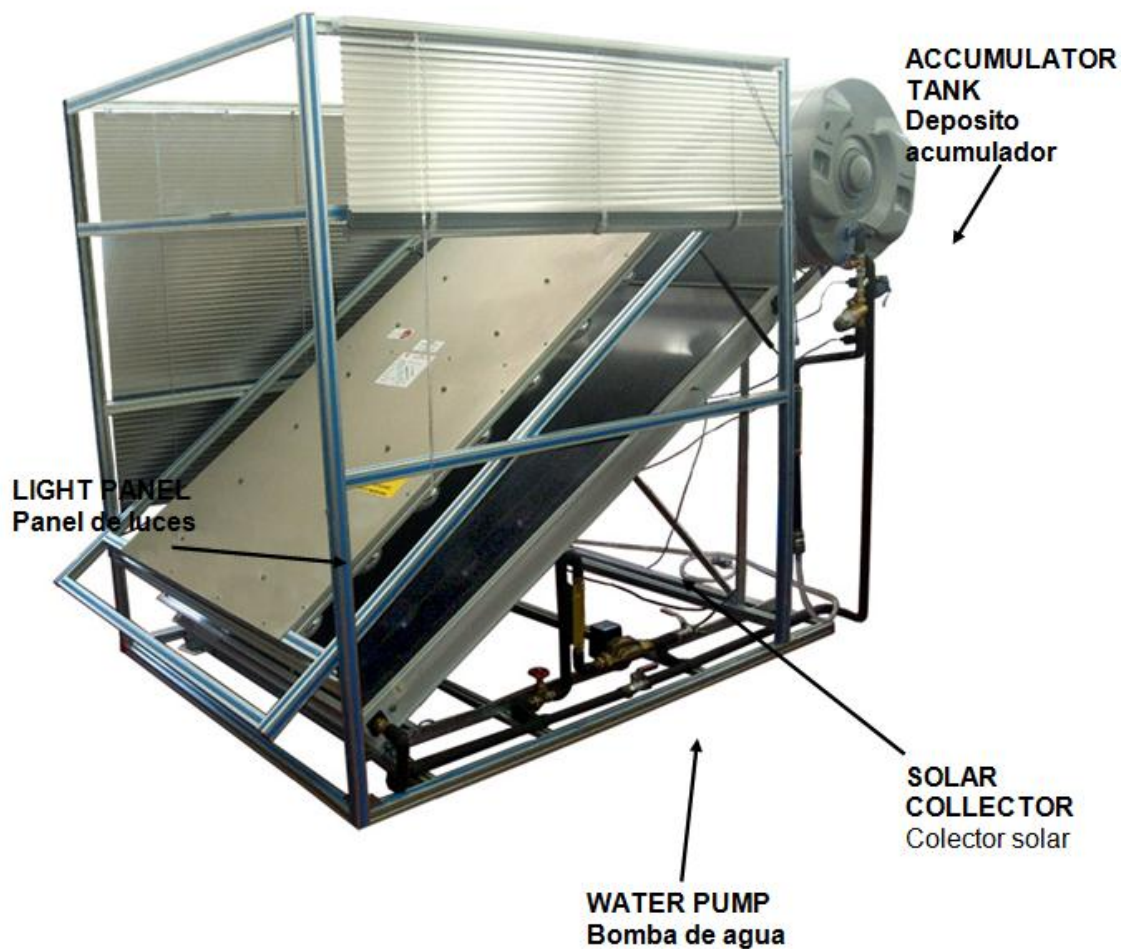
Este equipo utiliza el sistema solar por termosifón para el calentamiento de agua o el sistema tradicional de bombeado. En ambos casos, la energía calorífica absorbida es dada por la radiación solar simulada; en nuestro caso, esto se hace a través de un panel con potentes fuentes luminosas.

#### 7.1.2 Descripción

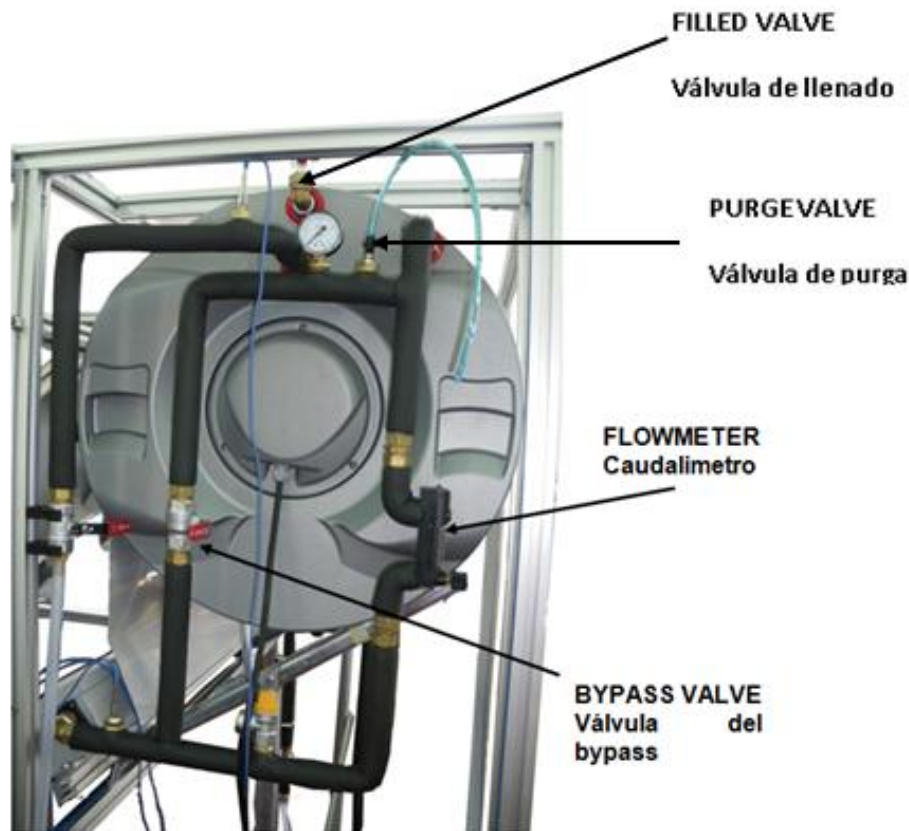
El “EESTC” es un sistema que transforma la energía solar en energía calorífica y está formada de los siguientes elementos:

- Paneles solares térmicos.
- Depósito acumulador hervidor.

- Simulador solar.
- Lámparas.
- Bomba.



El colector solar está fabricado con vidrio. Su estructura está embebida en aluminio y el fluido circula por unos tubos de cobre en el interior. Ha sido desarrollada de tal manera que la geometría de la superficie permita una absorción con la máxima eficiencia. La capacidad del tanque acumulador es de 150 litros y está protegido con un material anticorrosivo.



El tanque posee un calentador (resistencia auxiliar) de 1500W, con un dispositivo para evitar los excesos de temperatura por seguridad, no obstante el uso de este calentador no es necesario para la realización de las prácticas.

Las lámparas emiten una radiación similar a la del sol. Con este equipo se pueden simular tres posibles operaciones: con todas las lámparas encendidas, alcanzar una temperatura de 60°C en la superficie del colector, con la mitad de las lámparas encendidas en zigzag (línea 1 o línea 2), alcanzar 40°C, o con una sola lámpara (L4), estudiar cómo afecta el ángulo de incidencia de la luz sobre los sensores de temperatura ST-9 y ST-10.

Por otra parte, el equipo posee una bomba que permite realizar una convección forzada para su posterior estudio.

### **7.1.3 Posibilidades prácticas**

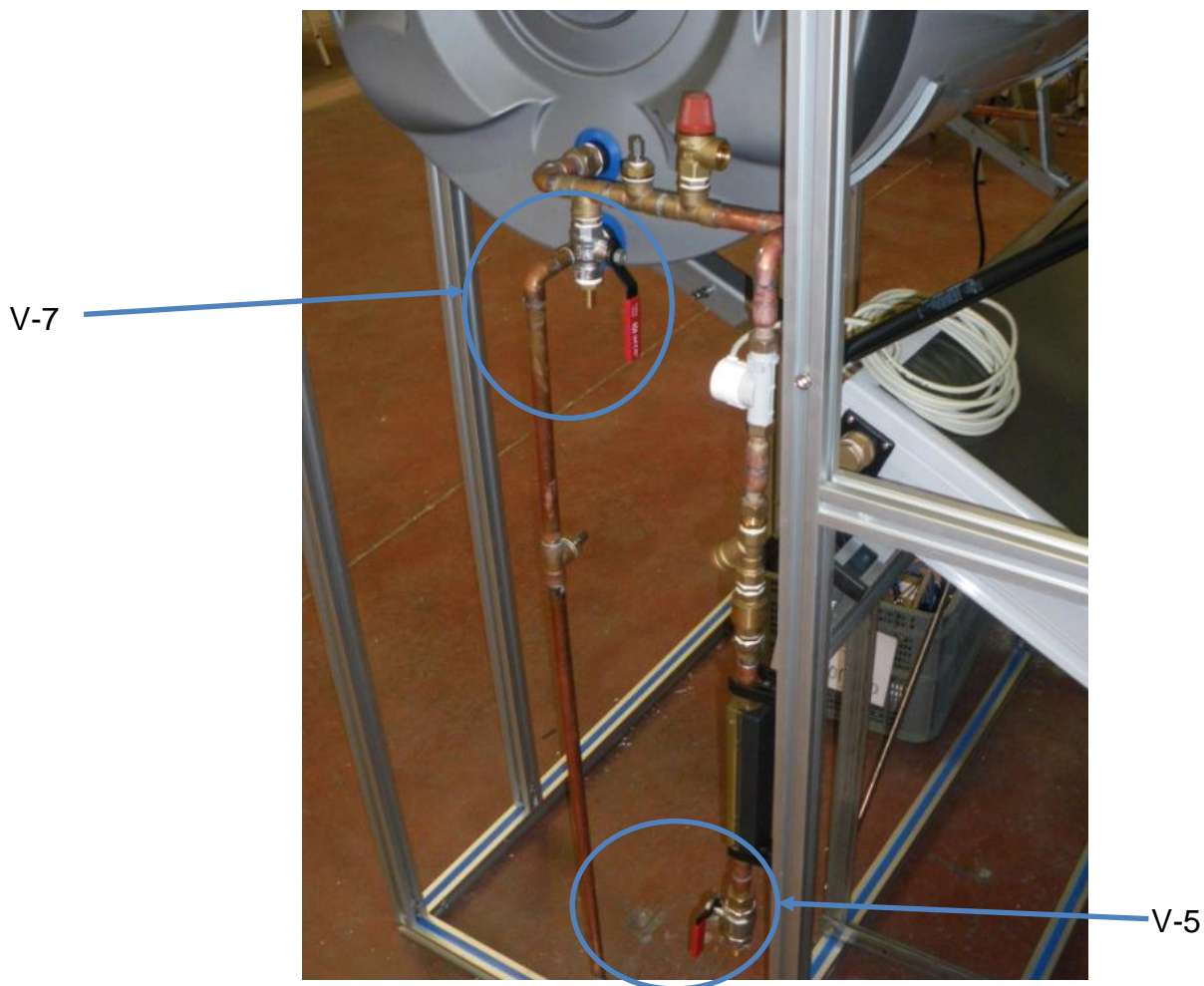
- 1- Estudio de cómo funciona el termosifón.
- 2- Estudio del perfil de iluminación de la lámpara.
- 3- Estudio del rendimiento de los paneles solares.
- 4- Libre circulación: influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento del equipo.
- 5- Relación entre el flujo y la temperatura.
- 6- Balance de energía del panel solar.
- 7- Balance de energía en el depósito de acumulación.
- 8- Determinación experimental del rendimiento.
- 9- Influencia del ángulo de incidencia sobre la temperatura.

### **7.1.4 Especificaciones**

#### **Panel solar**

- Estructura en acero galvanizado.
- Tuberías (ya preparadas) para la interconexión entre el panel y el acumulador.
- Llave de seguridad de sobrepresiones.
- Manómetro.

- Sensores de temperatura.



### Depósito termoacumulador

- Caldera vitrificada en vacío, circuito de calefacción de alto rendimiento y protecciones contra la corrosión.
- Dispone de un grupo calefactor de apoyo con resistencia eléctrica de regulación.
- Termostato de contacto para la regulación de temperatura.

### Simulador solar

- Estructura en perfil de aluminio regulable en altura.
- Dieciséis lámparas ultravioleta de 300W cada una.
- Interfaz o consola de control según modelo.



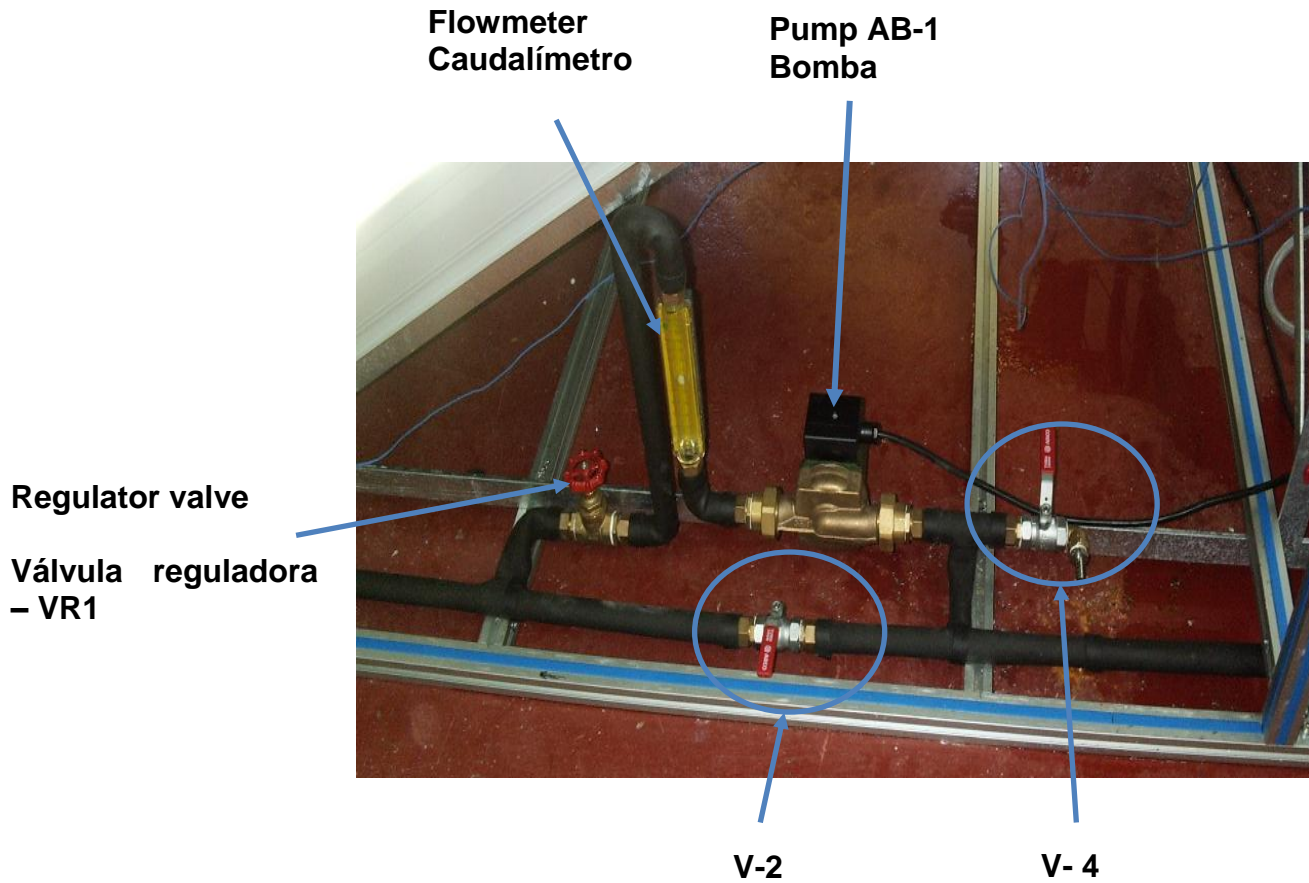
Posición de las lámparas ultravioletas

Panel solar

Estructura del panel de luz de aluminio

### Equipo de bombeo

- Bomba de impulso.
- Caudalímetros de 0-2 l/min. y de 0,06 a 0,55 l/min.



## 7.1.5 Accesorios

- Llave Allen nº5.

## 7.1.6 Dimensiones y peso

- Dimensión del equipo: 2200x2005x1200 mm.
- Peso neto del equipo aprox: 300 kg.



**7.1.7 Servicios requeridos**

- Corriente eléctrica: 220 V, 50-60 Hz, monofásico, energía mínima de 6000W.
- Fuente de agua: 2 bar.

## 7.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

### 7.2.1 Tecnologías “limpias”

Las innovaciones de los dos últimos siglos, la nueva tecnología y la creciente población del mundo han hecho que las naciones de todas partes se hayan vuelto adictas a un alto consumo de energía. Actualmente, la energía empleada todavía aumenta rápidamente en todo el mundo. La Organización Internacional de la Energía (IEA) ha previsto que la demanda de energía primaria aumente un 17% desde 1991 hasta 2000. Creen que realmente la demanda se acelerará un 26% desde 2000 a 2010. Si hablamos de la energía final empleada, esto representara un aumento del 49% desde 1991 hasta 2010. Además, no hay pruebas de que el rápido crecimiento termine después de 2010.

Los combustibles de fósiles supusieron el 89.8% de nuestro consumo de energía en 1989. Ya que actualmente el consumo de energía aumenta, las reservas petroleras de combustible, que no son renovables, disminuyen. Según el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP) las reservas de petróleo durarán 46 años, las reservas de gas natural 67 años, y las reservas de carbón 205 años, suponiendo que el consumo de energía mundial siguiera el ritmo de 1990.

Ya hemos sido testigos de los diferentes efectos que provocan un uso elevado de energía a niveles globales, regionales y locales. Las fuentes de energía de combustibles fósiles han provocado un aumento constante del agua, tierra y, sobre todo, de contaminación atmosférica debido a los óxidos nitrógenos, el sulfuro y el metano. El dióxido de carbono que desprenden los combustibles fósiles (6,3 billones de toneladas en 1988) es el componente más absorbido entre los gases que forman el efecto invernadero. Este efecto sobre la atmósfera podría significar un calentamiento

de 1,5- 4,5 grados centígrados a mediados del próximo siglo. Este calentamiento incluye consecuencias potencialmente fatales para la agricultura, los bosques, la vida salvaje, comunidades establecidas en el litoral, y para la calidad de vida humana. Debido al rápido aumento del uso de la energía y dado que ya conocemos la degradación medioambiental provocada por los combustibles fósiles, ha sido inevitable buscar alternativas a los combustibles fósiles.

La energía nuclear, presentada como fuente de energía “limpia”, ha sido vista durante años como una fuente de energía prometedora para el futuro. Sin embargo, el accidente Chernobyl en 1986 y todas sus catastróficas consecuencias sobre vidas humanas, junto con la dificultad de descomponer residuos tóxicos, han puesto de manifiesto que la energía nuclear no es una fuente de energía segura.

Si analizamos los costes sociales del uso de energía, las fuentes de energía renovable han sido preferidas durante mucho tiempo a los combustibles fósiles y a la energía nuclear. Con la alta tecnología de hoy en día y la mejora de los precios de la energía renovable, casi es la hora de empezar a utilizar otros hábitos más sostenibles de uso de energía.

### **7.2.2 El equipo del panel solar**

Un sistema de termosifón asociado a un colector solar, se basa en la transmisión de calor producida por el sol en el colector solar. Esta agua caliente calienta el agua de un acumulador por circulación natural.

El colector solar está constituido por un vidrio templado que permite el paso de los rayos ultravioleta procedentes. Este vidrio tiene baja reflexión de los rayos, lo que le procura un mayor rendimiento en la captación.

El interior el colector está compuesto por una parrilla de absorción de tubos

de cobre soldados a chapa de cobre troquelada. Los rayos ultravioleta captados por el colector solar, como consecuencia de la refracción producida en su interior, cambian su longitud de onda y no pueden volver a salir al exterior a través del vidrio, produciéndose el efecto invernadero aumentando la temperatura del interior del colector, que a su vez calienta el agua del circuito primario que circula por los tubos de cobre.

El movimiento del agua se produce por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del tanque y la caliente del colector, esto es, el agua interior del colector calentada por el sol disminuye su densidad. El agua caliente y menos densa tiende a aumentar su volumen, lo que provoca un aumento de presión. Esta presión va aumentando a medida que el agua se va calentando. Sin embargo, cuando esta agua llega al depósito acumulador, sufre un proceso de enfriamiento y, en consecuencia, una contracción dando lugar a una disminución de presión. El agua abandona el tanque acumulador por gravedad pasando por la llave antiretorno.

De esta manera se produce el movimiento del agua del colector al depósito, manteniéndose éste mientras haya suficiente diferencia de temperaturas entre el colector y el depósito. Una vez calentada el agua del depósito las temperaturas se igualan y el movimiento cesa. En estos casos, hay un aumento de presión en todo el circuito.

Cuando se produce una extracción del agua caliente del depósito se rellena con agua de red, la temperatura del tanque baja y el movimiento se reinicia por sí mismo.

Por eso es básico en un sistema por termosifón, que el diseño de la instalación favorezca el movimiento del agua caliente.

Dos son los factores que influyen en la fuerza ascensional del agua. En

primer lugar, la diferencia media entre las temperaturas del agua a la salida del colector y en la parte baja del depósito. Y en segundo lugar, la diferencia de alturas entre el tanque y los colectores. Al conjunto de ambos factores se le denomina carga hidráulica del sistema e indica la energía disponible para el movimiento del fluido. Por lo tanto, cuanto mayor sean los valores antes descritos más fácil será la circulación del agua.

Un procedimiento alternativo al sistema por termosifón será la circulación del agua forzada. Este método no se basa en las diferencias de temperatura o de altura para causar el movimiento del agua. En estos casos, cuentas con una bomba motriz. El rendimiento calorífico del panel solar es mayor pero, por otra parte, el rendimiento energético global es menor. Otra desventaja significativa de dicho sistema es que no funciona en lugares donde no haya corriente eléctrica para el funcionamiento de la bomba.

### **Balance de energía**

Para hacer un balance de energía a un circuito de agua de calefacción o refrigeración, es necesario conocer, las temperaturas de entrada y salida de agua del sistema y el caudal.

$$Calor = m_{agua} * C_p * (T_2 - T_1)$$

Donde:

$m_{agua}$  es la masa de agua en kg.

$C_p$  es la capacidad calorífica del agua en kJ/kg K.

$T_2$  Temperatura del agua de salida °C.

$T_1$  Temperatura del agua de entrada °C.

El rendimiento vendría dado por la relación entre la energía suministrada y la energía obtenida, calculada como se ha explicado anteriormente.

$$R = \frac{\text{calor .obtenido}}{\text{potencia .suministrada}}$$

No toda la potencia eléctrica aplicada se transforma en potencia luminosa, hay un factor de rendimiento. Por otro lado, no toda la energía luminosa es aplicada al panel debido a que hay pérdidas por los alrededores, estos factores pueden calcularse mediante un medidor de intensidad luminosa en las diferentes partes del panel que nos dará la intensidad luminosa por unidad de superficie del panel solar.

### **Advertencias, instrucciones principales y precauciones**

El circuito primario debe llenarse con agua poco dura o glicol etileno a una presión de 2 bar.

Tanto el circuito primario como secundario deben estar completamente llenos antes de comenzar a trabajar.

La temperatura del colector solar no debe sobrepasar los 80°C.

### **7.2.3 Aplicaciones de los paneles solares**

Un calentador de agua solar emplea la energía del sol en vez de electricidad o gas para calentar agua y además disminuye tu factura mensual de consumo. Cuando se instalan correctamente, los calentadores de agua solares son más económicos, en relación a su duración, que el calentamiento de agua a través de

electricidad, bombas de calor para ello, unidades de recuperación de calor o propano.

El panel solar es el componente principal del sistema. Generalmente está compuesto por una caja de metal con aislante y un plato de absorción negro que recoge la radiación del sol y calienta el agua. La bomba de circulación se regula con un panel electrónico, un temporizador de aplicación común o con un panel fotovoltaico.

En los sistemas de almacenamiento de panel integral, el sistema solar de almacenamiento de agua se instala dentro del panel. El agua potable de la unidad del panel se calienta a través del sol, sale debido a la presión a un depósito complementario (que contiene un calentador de retroceso no solar) o directamente al punto de uso.

El sistema de calentamiento de agua solar de termosifón tiene un depósito encima del panel (generalmente en el techo) para crear una gravedad natural de flujo de agua. El agua caliente asciende a través de canalizarla al panel, que está montado debajo del depósito, y el agua fría, que es más pesada, se hunde hasta el punto más bajo del sistema (el panel), mostrando el agua caliente ligera que sube al depósito.

Cuando los rayos del sol pegan sobre el panel, el agua de su interior se calienta. Si la bomba de circulación se regula a través de un panel fotovoltaico, la bomba comienza a girar a medida que el panel fotovoltaico se activa con la luz solar. Esta bomba de corriente directa mueve el agua desde el depósito a través del panel y otra vez hacia el depósito. A medida que la intensidad de la luz solar va cambiando a lo largo del día, la bomba de circulación también va cambiando su velocidad. Al final del día, el agua del depósito ha circulado varias veces a través del panel y ha sido calentada para conseguir temperaturas de agua útiles.

Si la bomba de circulación se regula a través de un controlador diferencial electrónico, un sensor en la salida del panel y otro en el fondo del depósito (*Figura 2.3.1*) activan la bomba de circulación cuando el agua del panel se encuentra más o menos 15-20<sup>0</sup> F más caliente que el agua del fondo del depósito. Después, el agua fluye desde el panel y el depósito. Este proceso continúa mientras que la temperatura del agua del panel sea más o menos 5<sup>0</sup> F más alta que la del fondo del depósito. Si la diferencia de temperatura disminuye más, el panel apaga automáticamente la bomba.

Los temporizadores de aplicación común también pueden controlar el funcionamiento del sistema. El temporizador se instala para que funcione en una parte del día en la que hay radiación solar suficiente para calentar agua potable. Es importante que los temporizadores utilizados incorporen una batería de reserva por si falla la energía. Para evitar una pérdida de energía desde el depósito en un día previsto, las líneas de alimentación y retorno del panel se conectan al fondo del depósito de almacenamiento. Durante un funcionamiento normal, la estratificación natural permite que el agua más caliente ascienda hasta la parte superior del depósito.

Cuando no hay suficiente luz solar o bastante agua caliente, un elemento eléctrico de repuesto en el depósito de almacenamiento calienta el agua. La llave de comprobación previene de pérdidas de calor cuando la bomba de circulación está apagada. La bomba de circulación sólo consume una pequeña cantidad de electricidad— sobre 5, 10\$ por año, o si es un sistema fotovoltaico no consume nada.



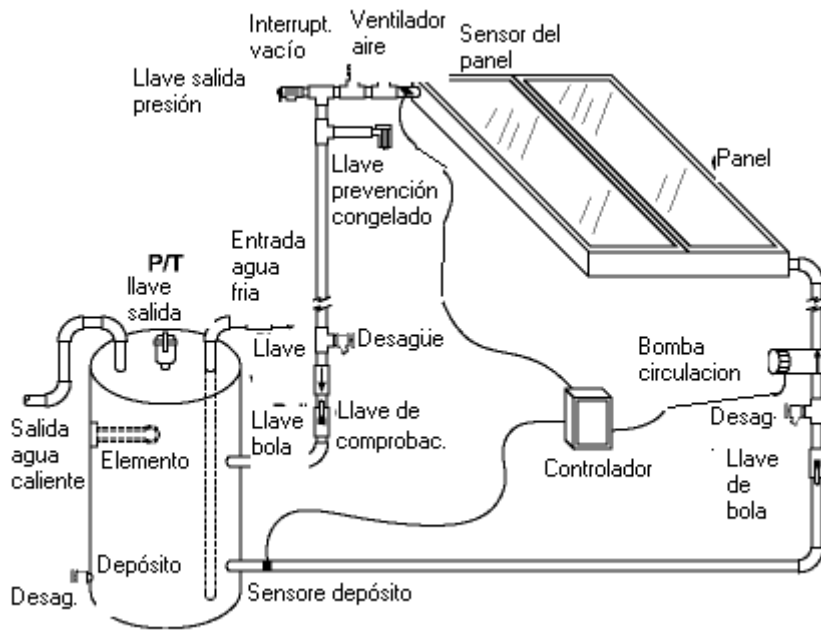


Figura 2.3.1 Sistema de calentamiento de agua solar

## **7.3 RELACIÓN DE PRÁCTICAS**

### **7.3.1 Práctica 1. Estudio del funcionamiento del termosifón**

#### **7.3.1.1. Objetivo**

El objetivo de esta práctica es comprobar y comprender el funcionamiento del termosifón.

#### **7.3.1.2. Elementos necesarios**

Equipo solar.

#### **7.3.1.3. Desarrollo de la práctica**

Colocar el panel de lámparas paralelo al colector solar ajustando la altura del panel con los pernos de regulación de altura de modo que el panel de lámparas y el colector solar queden paralelos. Esta operación debe ser realizada con sumo cuidado y por dos personas, de modo que las lámparas no resulten dañadas.

Encender una línea de luces y anotar los valores de temperaturas tanto de los circuitos primario y secundario, como del colector solar. Comprobar que cuando alcanza cierta temperatura, el agua del circuito primario empieza a circular por si sola y transfiere calor al acumulador. Anotar los valores de temperatura, presión y caudal durante intervalos regulares de tiempo.

Realizar la misma práctica con la totalidad de las luces encendidas.



## **7.3.2 Práctica 2. Estudio del perfil de iluminación de las lámparas**

### **7.3.2.1 Objetivo**

El objetivo de esta práctica es estudiar el perfil de iluminación de las lámparas.

### **7.3.2.2 Elementos necesarios**

Equipo de simulación solar.

Medidor de potencia luminosa (no incluido con el equipo).

### **7.3.2.3 Desarrollo de la práctica**

Encender el panel de lámparas completamente. Ayudándose del medidor de intensidad luminosa, medir la intensidad luminosa que llega al panel. Esto debe ser medido en diferentes puntos del panel a la altura del colector solar. También debe ser tomada la medida a diferentes ángulos de las lámparas, para ello medir la intensidad luminosa que sale del panel en diferentes ángulos.

### **7.3.3 Práctica 3: Estudio del rendimiento del panel solar**

#### **7.3.3.1. Objetivo**

El objetivo de esta práctica es poder hacer un estudio del rendimiento que ofrece el panel solar.

#### **7.3.3.2. Elementos necesarios**

Simulador solar.

Medidor de potencia luminosa (no incluido con el equipo).

#### **7.3.3.3 Desarrollo de la práctica**

En esta práctica se tendrán en cuenta los datos de la práctica anterior y se calculará el rendimiento haciendo el correspondiente balance de energía al agua del circuito primario.

Lo primero será calcular el factor que relaciona la potencia luminosa con la potencia eléctrica suministrada mediante un medidor de intensidad luminosa.

Para ello hay que tener en cuenta la potencia suministrada por las lámparas. Como es sabido, cada lámpara tiene una potencia de 300 W, con lo cual se tendrá una potencia de 2400 W si únicamente está conectada una línea de lámparas y 4800 W si están conectadas todas las lámparas. Y que las dimensiones del colector solar son 2000x1000 mm.

Calcular el rendimiento como la relación entre la potencia calorífica obtenida del incremento de temperatura que sale del colector y la potencia calorífica suministrada por las lámparas a éste.

### **7.3.4 Práctica 4: Estudiar la influencia del ángulo de inclinación del panel de lámparas sobre el rendimiento del equipo**

#### **7.3.4.1. Objetivo**

En esta práctica se trata de estudiar qué influencia tiene la inclinación de las lámparas sobre el rendimiento del panel solar.

#### **7.3.4.2 Elementos necesarios**

Equipo solar.

Medidor de potencia luminosa (no incluido con el equipo).

#### **7.3.4.3 Desarrollo de la práctica**

Para la realización de la práctica se debe operar de modo similar a las prácticas anteriores, pero los datos deben ser tomados para diferentes inclinaciones de los ángulos del panel de luces. Se estudiará el rendimiento obtenido por el equipo en las diferentes posiciones de las luces.



Además se estudiará qué tiene más influencia en el rendimiento, si la proximidad o el ángulo de incidencia de los rayos. Esto se llevará a cabo tomando

medidas de los mismos ángulos respecto al colector solar en positivo o negativo.

Esta práctica nos dará una idea de los rendimientos que se obtendrían en un día soleado de diferentes estaciones del año, sin tener en cuenta las pérdidas por condiciones ambientales.

### **7.3.5 Práctica 5: Relación entre el flujo y la temperatura**

#### **7.3.5.1 Objetivo**

El objetivo de este experimento es obtener la relación entre el flujo del circuito primario y la eficiencia por el panel solar.

#### **7.3.5.2 Elementos necesarios**

Panel solar.

Medidor de potencia luminosa (no suministrada con el equipo)

#### **7.3.5.3. Realización de la práctica**

Para la realización de la siguiente práctica, hay que seguir los siguientes pasos:

1. Cerrar la llave V-3.
2. Conectar los paneles solares. Esperar a alcanzar una temperatura de 40°C en el termopar ST-3.
3. Seleccionar un flujo en el circuito secundario de 1 l/min.
4. Conectar la bomba motriz.
5. Usando VR-1, regule un pequeño flujo. El flujo de agua puede ser directamente en el caudalímetro. Para flujos pequeños, toma la medida en C-1.
6. Las medidas de temperatura se hacen a través de los termómetros T-1 y T-2.
7. Completar la siguiente tabla.



Q(l/m)	T-1°C	T-2°C
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		
0.6		
0.7		
0.8		
0.9		
1.0		
1.1		
1.2		
1.3		
1.4		
1.5		
1.6		
1.7		

Figure 5.7.1

**Nota.** Por cada valor de flujo es necesario esperar hasta que las temperaturas de la entrada y la salida se mantengan constantes.

### 7.3.6 Práctica 6: Balance energético del colector solar

#### 7.3.6.1. Objetivo

El objetivo de este experimento es encontrar la eficiencia del panel solar para diferentes flujos de agua. En este caso, sólo se debe encontrar la eficiencia del panel solar, sin tener en cuenta el consumo eléctrico de la bomba.

#### 7.3.6.2. Elementos necesarios

Equipo de paneles solares.

#### 7.3.6.3. Realización de la práctica

Para realizar esta práctica, no necesitarás realizar ninguna prueba, ya que utilizarás los resultados obtenidos en las anteriores prácticas.

La energía luminosa suministrada por el panel solar es constante en el tiempo y se puede medir usando un medidor de potencia luminosa. La eficiencia está dada por la división entre la energía calorífica absorbida por el agua y la energía luminosa dada por las lámparas.

$$\eta = \frac{P_{calorific}}{P_{luminous}} \times 100 [\%]$$

### 7.3.7 Práctica 7. Balance energético del tanque acumulador

#### 7.3.7.1 Objetivo

Este experimento tiene como objetivo evaluar el balance energético que tiene lugar en el tanque acumulador. Como es bien conocido, la energía acumulada por el agua en el circuito primario es dirigida al acumulador de agua (circuito secundario). La pérdida de energía del circuito primario viene dada por:

$$Q_2 = C_v m_{2,A} (T6 - T5) = C_v m_{1,A} (T1 - T2)$$

Donde,  $m_{2,A}$  es el flujo de agua por el circuito secundario y  $m_{1,A}$  es el flujo de agua que circula por el circuito primario.

#### 7.3.7.2 Elementos necesarios

Equipo de energía solar.

#### 7.3.7.3 Realización de la práctica

Para realizar la siguiente práctica, seguir los siguientes pasos:

1. Conectar el panel luminoso.
2. Seleccionar en el circuito secundario un flujo de agua de 0.5 l/min usando la llave V-5.
3. Conectar la bomba y seleccionar un flujo de agua de 0.5 l/min.
4. Una vez se mantengan constantes las temperaturas del circuito primario y secundario, anotar dichos valores.
5. Repetir el experimento para diferentes flujos en el circuito primario y

secundario. Completar la siguiente tabla:

Q1 l/min	Q2 l/min	T1°C	T2°C	T5°C	T6°C
0.5	0.5				
0.5	1.0				
0.5	1.5				
1.0	0.5				
1.0	1.0				
1.0	1.5				
1.5	0.5				
1.5	1.0				
1.5	1.5				

Tabla 5.9.1

6. Evaluar la conservación energética del sistema.

### 7.3.8 Práctica 8: Determinación experimental de la eficiencia

#### 7.3.8.1 Objetivo

El principal objetivo de este experimento es obtener la máxima eficiencia del equipo solar para diferentes condiciones de trabajo. En esta práctica estamos interesados en obtener el máximo de eficiencia para diferentes condiciones de flujo, inclinación e iluminación óptima.

#### 7.3.8.2 Elementos necesarios

Equipo de energía solar.

Dispositivo de medida de intensidad luminosa.

#### 7.3.8.3 Realización de la práctica

La realización de la práctica consta de los siguientes pasos:

1. Seguir los mismos pasos que los realizados en las prácticas anteriores o usar los resultados obtenidos.
2. La eficiencia global del equipo viene dada por el producto entre la eficiencia global del acumulador y la del tanque, es decir:

$$\eta_{global} = \eta_{accumulator} \cdot \eta_{tank}$$

Ambas eficiencias fueron calculadas en experimentos anteriores.

3. Representar estas magnitudes en una gráfica en tres dimensiones, donde el eje x será el circuito primario, el eje y el flujo secundario y el eje z la eficiencia global.

4. Indicar cuales son las condiciones de flujo Q1 y Q2 óptimas.

### **7.3.9 Práctica 9. Influencia del ángulo de incidencia sobre la temperatura**

#### **7.3.9.1 Objetivo**

El objetivo principal de este experimento es observar la influencia del ángulo de incidencia de la luz sobre la temperatura del sensor ST-9 y ST-10. En este caso, solo se usa una sola bombilla (L4).

#### **7.3.9.2. Elementos necesarios**

Equipo de energía solar.

#### **7.3.9.3. Realización de la práctica**

El inicio de la práctica consiste en poner los sensores ST-9 y ST-10 juntos en una posición tal que la incidencia de la lámpara L4 sea perpendicular. En este caso, se puede observar que la temperatura de ambos sensores es muy similar.

A continuación se va separando uno de los sensores y se hace el mismo estudio para evaluar cuál de ellos alcanza mayor temperatura. En este caso, se pueden realizar dos tipos de pruebas: que el sensor que recibe la incidencia perpendicular sea el que esté más lejano que el sensor que recibe la luz con cierto ángulo y así comprobar que la incidencia perpendicular tiene más importancia que la lejanía. Por otra parte, se puede estudiar el caso contrario, es decir, que el sensor que recibe la luz perpendicularmente sea el más cercano y el de incidencia inclinada sea el más lejano.

## 7.4 ANEXOS

### 7.4.1 Anexo I: Montaje, instalación y puesta en marcha

#### 7.4.1.1 Instalación del panel



Colocar la caja de embalaje lo más cerca posible del lugar definitivo de instalación del equipo solar. Este es un equipo que por dimensiones y requerimientos es preciso tener un lugar fijo para su instalación.

Conectar la entrada y salida de agua del acumulador a la red de suministro



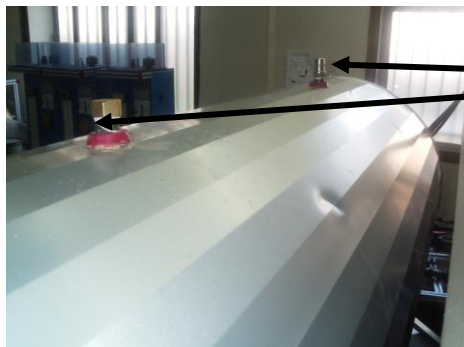
de agua. Para trabajar con el equipo es necesario que tanto el circuito primario como el secundario estén completamente llenos de agua.

#### 7.4.1.2 Llenado del circuito primario

El circuito primario debe ser llenado con agua y anticongelante de coche comercial. La presión del circuito no debe superar nunca los 2 bares.

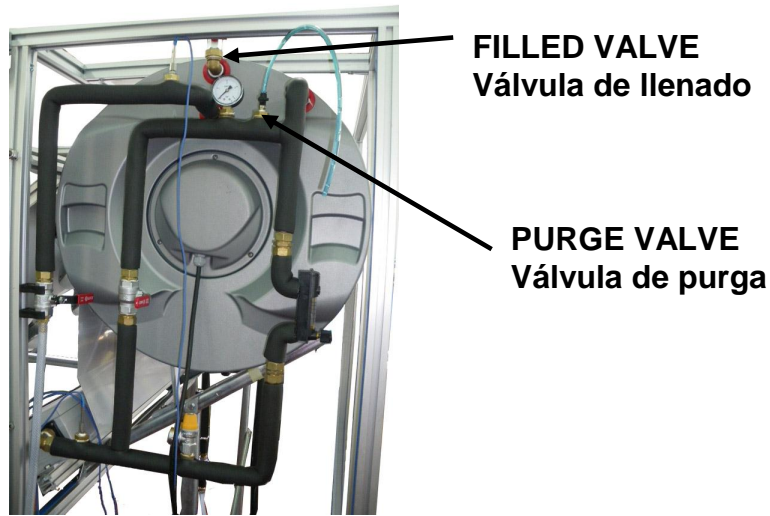
Modo de llenado:

- 1- Quitar los tapones situados en la parte superior del tanque acumulador e introducir por uno de ellos agua con anticongelante hasta que se llene por completo.

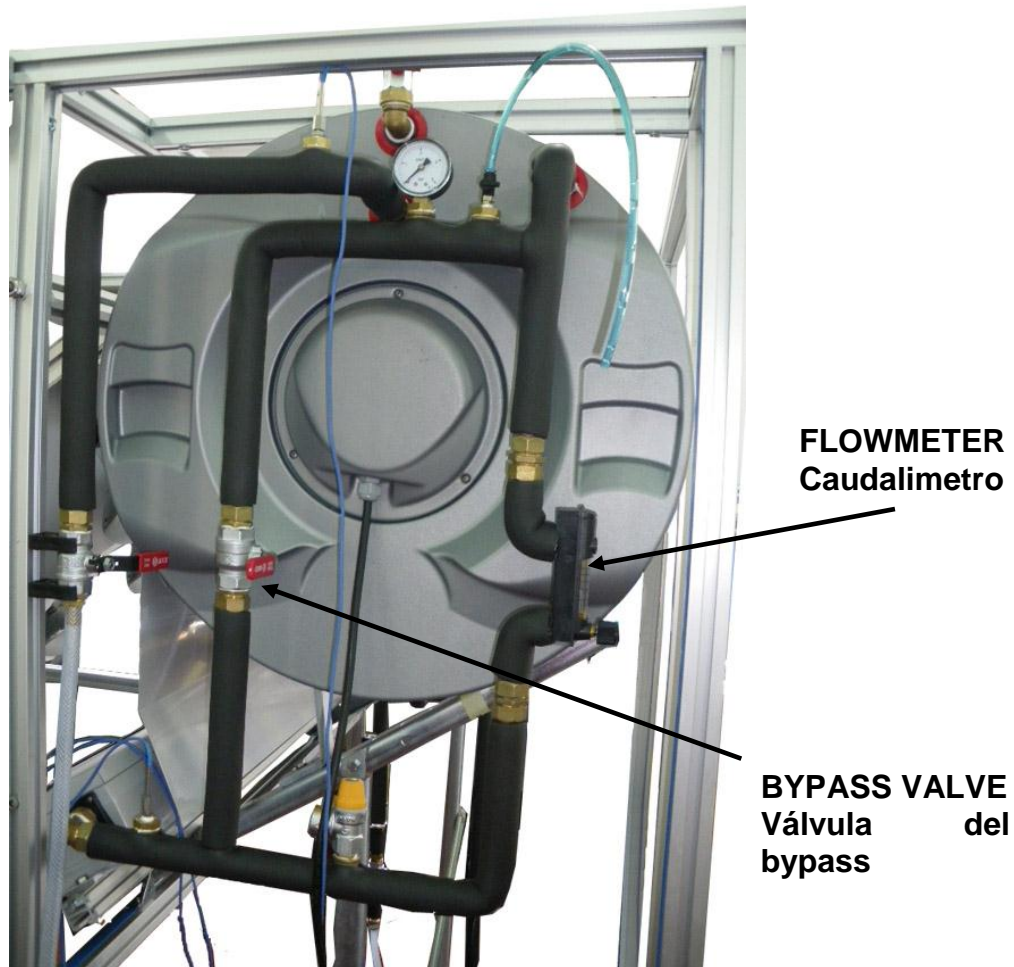


TAPS OF TANK  
Tapones del depósito

Existen otros modelos de acumuladores que no tienen los tapones superiores, sino que incluyen una válvula en la parte superior del lateral del tanque acumulador.



- 2- Quitar el tapón de la parte superior del colector para permitir que salga el aire del colector solar, hasta que salga agua por él.
- 3- Para ayudar a la purga total del circuito conectar la bomba para forzar el flujo de agua.
- 4- Algunas veces queda algo de aire en la parte superior del caudalímetro de agua, para purgar este aire cierre y abra repetidamente la válvula del bypass con la bomba conectada.



5- Cuando esté totalmente purgado, colocar de nuevo los tapones de la parte superior del tanque acumulador. El equipo estará entonces preparado para trabajar.

**Nota.** Si durante el funcionamiento (efecto termosifón) se observa que el sensor ST-3 tiene una temperatura mayor que la del sensor ST-1, es debido a que hay aire en el circuito. Para ello es necesario purgar de nuevo el equipo.

Para trabajar con el equipo de termosifón en circulación forzada (con la bomba conectada) es necesario tener abierta la válvula del bypass para tener suficiente caudal. Cuando se trabaja con el equipo en circulación libre (sin bomba) la válvula del bypass debe estar cerrada para que el agua circule por el caudalímetro.

Proceder a llenar el circuito primario. Para ello proceder a quitar el tapón superior del acumulador y abrir la válvula de purga. Añadir una garrafa de anticongelante etilenglicol ayudándose de un embudo, continuar rellenando con agua hasta que el circuito esté completamente lleno. Para purgar completamente el equipo conectar la bomba circulatoria del equipo y abrir la válvula de purga, continuar llenando hasta que no queda aire en el circuito.

#### **7.4.1.3 Llenado del circuito secundario**

Para llenar el circuito secundario seguir los siguientes pasos:

- 1.-Conectar el suministro de agua a la válvula V-5.
- 2.-Abrir las válvulas V-5 y V-6.
- 3.-Cuando el agua salga por la salida donde está situada la válvula V-6, cerrar V-6.
- 4.- No superar una presión de 2 bares.

Los cables están numeradas indicando el lugar donde tienen que ir conectados en la interface.

Por último colocar las lámparas en los portalámparas.



#### 7.4.1.4 Movimiento del panel de lámparas

El cambio de inclinación del panel se debe hacer con mucha precaución debido a su peso y su delicadeza. Es recomendable que siempre sea realizado por dos personas. Una vez seleccionada la altura deseada del panel de luces, colocar los topes de seguridad para mantener la altura deseada y evitar que se dañen las lámparas.

#### 7.4.1.5 Comprobación del funcionamiento

Una vez repasados estos puntos, proceda a la puesta en marcha y pase a comprobar el funcionamiento.

Antes de la entrega, el equipo ha seguido un Proceso de Control de Calidad por parte del personal cualificado de EDIBON y se controlaron sus resultados; si estos resultados están dentro de los rangos establecidos, se dará por bueno el funcionamiento.

**IMPORTANTE:** Manipular las lámparas con precaución, son muy

frágiles. Además no se deben encender y apagar continuamente, las lámparas podrían estropearse irreversiblemente. Las lámparas requieren un tiempo en calentarse y funcionar correctamente

Comprobar que las 2 líneas de lámparas se encienden al accionar su interruptor.

Comprobar que todas las lámparas lucen correctamente.

Comprobar que la bomba funciona correctamente.

Comprobar que la resistencia funciona correctamente.

Para comprobar que el sistema de termosifón funciona correctamente, conectar todas las lámparas y dejar trabajando durante aproximadamente media hora, transcurrido ese tiempo comprobar la temperatura de los sensores, se apreciará un aumento de temperatura considerable de ST-1 circulación de agua del colector solar al acumulador y además se apreciará en el caudalímetro circulación de líquido hacia el acumulador.

### **7.4.2 Anexo II: Calibración del caudalímetro**

El caudalímetro está calibrado para agua a 20°C, en caso que el líquido que circule por él esté a otra temperatura o no sea agua, la lectura no se ajustará al valor mostrado.

Dado que el circuito primario será llenado con mezcla de agua y etilenglicol, será necesaria la calibración del caudalímetro.

Para la calibración del caudalímetro hay que hacer fluir la mezcla etilenglicol agua con la que será llenado el circuito primario a través del caudalímetro. Para ello, conectar la bomba de llenado del circuito, llenarlo completamente y purgar perfectamente. Una vez llenado y purgado hacer circular el líquido por el circuito abriendo la válvula que está situada después del acumulador. Fijar un caudal pequeño de circulación, esto se puede realizar poniendo una válvula a la salida de la bomba que dificulte el flujo. Recoger el líquido que sale durante 1 minuto en una probeta graduada, repetir la toma durante 3 o 4 veces. Calcular el volumen dividiendo la cantidad recogida entre el tiempo, en este caso 1 min. Repetir las mediciones para diferentes caudales. Hay que fijarse que durante la medición el caudal no fluctúa observando que la bola del caudalímetro se mantiene en una posición fija.