

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**



**TESINA**

**“SISTEMA SOLAR TERMICO PARA CLIMATIZAR UNA  
PISCINA TERAPEUTICA MANTENIENDO LA  
TEMPERATURA DEL AGUA A 35°C”**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN  
PROFESIONAL EN ENERGÍA SOLAR

ELABORADO POR:

**CÉSAR ANDRÉS ROJAS PALACIOS**

ASESOR:

**ING. RAFAEL ESPINOZA PAREDES**

**LIMA – PERÚ**

**2015**

Dedico este trabajo a:

Mi esposa y mis hijos en especial a mi hijo Leonardo  
un niño especial que está en el cielo, quien nos dio  
mucho amor e iluminó nuestras vidas.

## **INDICE**

### **RESUMEN**

### **CAPÍTULO 1**

#### **INTRODUCCIÓN** 7

1.1 Antecedentes y justificación 7

1.2 Objetivos 7

### **CAPITULO 2**

#### **LA ENERGIA SOLAR EN EL PERU** 8

2.1 La radiación Solar en el Perú. 8

2.2 Propuesta de política energética del país. 8

### **CAPÍTULO 3**

#### **MARCO TEORICO DE LA ENERGIA SOLAR TERMICA** 9

3.1 El Sol fuente de energía. 9

3.2 Energía solar térmica 10

3.3 Instalación solar térmica 12

3.4 Componentes principales 12

3.5 Sistema solar térmico para climatización de piscinas 13

3.6 El sistema de captación 14

3.6.1 El colector solar plano 14

3.6.2 Colector de tubos de vacío 15

3.7	Curva de rendimiento del colector solar	18
	3.7.1 Propiedades ópticas	18
	3.7.2 Rendimiento, balance térmico	18
3.8	Posición de los captadores solares	23
3.9	Consideraciones en la Hidroterapia.	24
3.10	Climatización de piscinas cubiertas.	25
3.11	Necesidades en la climatización.	26
	3.11.1 Necesidades de deshumectación.	27
	3.11.2 Pérdidas de calor en el agua del vaso de la piscina	29
	3.11.3 Potencia necesaria para puesta a régimen	32
	3.11.4 Pérdidas por ventilación	33
3.12	Normas generales para instalaciones solares térmicas	34

## **CAPITULO 4**

### **CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE LOS COLECTORES PARA LA CLIMATIZACIÓN DE LA PISCINA**

4.1	Ubicación y orientación geográfica del lugar de la instalación	36
4.2	Características de la piscina a climatizar	36
4.3	Demanda de la energía para la climatización de la piscina	
	4.3.1. Cálculo de las necesidades de des humectación	36
	4.3.2 Pérdidas de calor en el vaso de la piscina	37
	4.3.3 Pérdidas por ventilación	38
	4.3.4 Resumen de las pérdidas de calor en la piscina	39
	4.3.5 Potencia necesaria para puesta a régimen	39
	4.3.6 Resumen de la demanda de energía para la climatización	40

4.4	Cálculo de la superficie de colectores solares del proyecto	40
4.4.1.	Demanda de la energía diaria para mantener la temperatura de la piscina a 35°C.	40
4.4.2.	Determinación de la radiación global media diaria sobre superficie Horizontal	41
4.4.3.	Cálculo de la irradiancia	41
4.4.4.	Cálculo de la intensidad útil en un día medio	42
4.4.5.	Cálculo del aporte solar	43
4.4.6.	Cálculo de la superficie de captación y la cantidad de colectores	46
4.4.7	Distancia mínima entre colectores	48

## **CAPITULO 5**

### **DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICO PARA LAPISCINA**

5.1	Calentamiento directo	50
5.2	Subsistemas de la Instalación	51
5.2.1	Subsistema de captación	51
5.2.2	Subsistema hidráulico	53
5.2.3	Subsistema de almacenamiento	55
5.2.4	Subsistema de energía auxiliar	56
5.2.5	Subsistema de control	56
5.2.6	Características principales del proyecto	57

<b>CONCLUSIONES</b>	63
---------------------	----

<b>GLOSARIO</b>	64
-----------------	----

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	65
---------------------	----

<b>ANEXOS</b>	67
---------------	----

## RESUMEN

Esta tesina propone la instalación de un Sistema Solar Térmico, para mantener la temperatura del agua de la piscina de 5 m<sup>3</sup> a 35°C, durante el día, que son las horas de trabajo terapéutico.

La piscina está en un ambiente cerrado, designado para hidroterapia especialmente de niños con discapacidad, está ubicado en el Departamento de Lima, cono norte Distrito de los Olivos.

Los cálculos previos se realizarán, evaluando la demanda de energía que se necesita para climatizar la piscina, luego se procederá al cálculo del aporte solar de cada mes durante un año, en el lugar de la instalación, para luego calcular la superficie de captación y así obtener la cantidad de colectores necesarios.

El Sistema Solar Térmico, estará compuesto de un sistema de captación conformado por unos colectores solares de tubos de vacío, un sistema hidráulico que permite recircular el agua, un sistema de almacenamiento que es el vaso de la piscina, un sistema auxiliar de calentamiento conformado por un calentador a gas para complementar y asegurar un servicio constante y un sistema de control.

Este proyecto, nos mostrara la factibilidad de instalar colectores solares para climatizar piscinas de hidroterapias y además en zonas de variados climas, como es la costa de Lima.

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes y justificación**

El consumo energético sigue sin parar una curva ascendente demasiado peligrosa para nuestro medio ambiente. El Sol nos ofrece cada día una inmensa cantidad de energía, además en cada m<sup>2</sup> de placa captadora solar con fines energéticos evita la emisión anual a la atmosfera de 350kg. De CO<sub>2</sub>.

Una de las primeras aplicaciones industriales encontrada a la energía solar térmica es el calentamiento de agua sanitaria (ACS), posteriormente el calentamiento del agua de las piscinas cubiertas es otra notable aportación de las energías renovables. Por otro lado La Hidroterapia, dadas sus propiedades presenta un complemento terapéutico importante en todo tratamiento y/o rehabilitación de personas con problemas funcionales, motores, etc. (discapacidad).

Piscina Terapéutica: que no se utiliza para natación, se trabaja en estas el tono muscular que requiera ejercicios específicos.

Una de las formas más rentables de aprovechar el Sol es convertir su energía en calor, utilizando Un conjunto de colectores o paneles solares expuestos al Sol por los que transita de modo continuo el agua eleva su temperatura al valor deseado.

#### **1.2 Objetivos**

- Climatización de una piscina terapéutica utilizando un sistema de colectores solares térmicos para mantener la temperatura del agua a 35°C, durante el día de trabajo.
- Uso de colectores solares como complemento a equipos convencionales (Calentador a gas).
- Ahorro combustible en el calentador a gas, bajar los costos del servicio de hidroterapia, mayor alcance las poblaciones de bajos recursos, especialmente a los niños con discapacidad.

## **CAPITULO 2**

### **LA ENERGIA SOLAR EN EL PERU**

#### **2.1 La radiación solar en el país**

La energía solar en el Perú es en muchos lugares del territorio, lo suficientemente alta y uniforme (comparada con otros países) para ser considerada como una fuente energética utilizable para fomentar el desarrollo de nuestras comunidades.

Según el atlas de energía solar, la radiación solar en el Perú es más alta en la zona de la Sierra (5-6 kwh/m<sup>2</sup>-día) que en la selva y la costa (4-5 kwh/m<sup>2</sup>-día) con una variación de +/- 20% durante el año. Esta cifra aumenta de norte a sur. Por ejemplo, Lima tiene en promedio 5.13 kwh/m<sup>2</sup>-día, mientras que Arequipa 6.08 kwh/m<sup>2</sup>-día. Las principales aplicaciones solares utilizadas en el Perú son los sistemas fotovoltaicos y los sistemas de calentamiento de agua (termas solares).

#### **2.2 Propuesta de política energética de estado Perú 2010-2040**

##### **Visión**

Un sistema energético que satisface la demanda nacional de energía de manera segura, oportuna, sostenible y eficiente, que se soporta en la planificación y en la investigación e innovación continua.

##### **Objetivo**

Contar con una matriz energética diversificada, y con énfasis en las fuentes renovables, sostenibles y la eficiencia energética.

Lineamiento:

Promover el uso intenso y eficiente de las fuentes de energías renovables convencionales y no convencionales; así como la generación distribuida.



## CAPITULO 3

### MARCO TEORICO DE LA ENERGIA SOLAR TERMICA

#### 3.1 El sol, fuente de energía

Nos separa del Sol una media de 150 millones de kilómetros, por lo que esa radiación de origen llega a nuestra atmosfera considerablemente debilitada: **1367 W/m<sup>2</sup>**, llamado **constante solar**.

Tal valor se ve a su vez afectado por la atenuación de la capa atmosférica y sus componentes,

Con lo que la energía útil que es posible recoger sobre la superficie terrestre es de aproximadamente **1000 W/m<sup>2</sup>** (1KW/m<sup>2</sup>).

Para cuantificar la radiación solar recibida del Sol se emplean dos unidades que la definen en forma de potencia (W) denominado **Irradiancia**, o de energía (J) denominado **Irradiación**.

La radiación solar no es constante en toda la franja diurna. Intervienen factores como el estado momentáneo de la atmosfera, la hora del día y la estación de año. Así, la cantidad de irradiación solar de 1KW/m<sup>2</sup> sobre la superficie terrestre se da solo en la condición de día completamente despejado y al medio día.

Para especificar la Radiación Solar Terrestre, es necesario definir los siguientes conceptos:

- **Radiación Solar Directa:** Es la radiación que incide directamente del sol.
- **Radiación Solar Difusa:** Es la radiación dispersada por los agentes atmosféricos (nubes, polvo, etc.)
- **Radiación Solar Reflejada (albedo):** Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.

La radiación solar total sobre la superficie terrestre, es la suma de estas tres componentes y es la que se mide con un medidor de radiación solar llamado piranómetro.

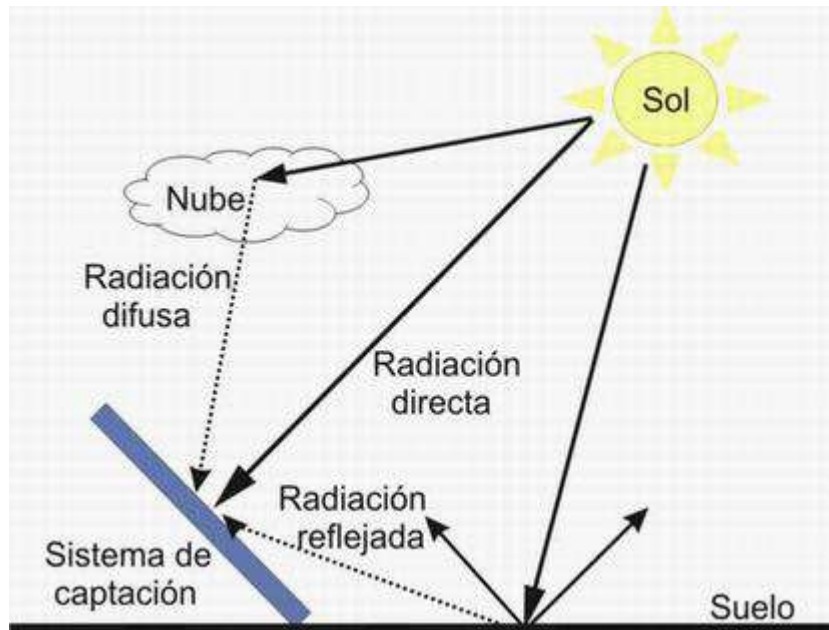


Figura 3.1: Componentes de la radiación Solar terrestre total. (Fuente: monografias.com)

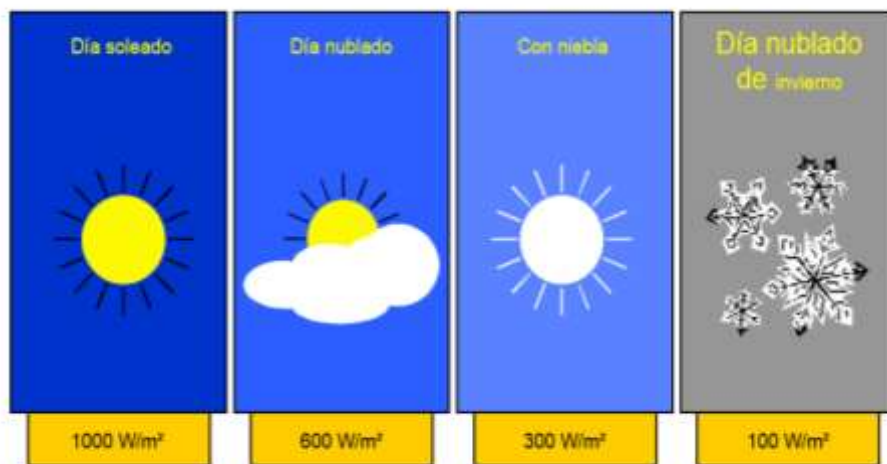


Fig.3.2: Radiación en distintos tipos de días. (Fuente: Jaume Surda B. "Energía Renovables")

### 3.2 Energía solar térmica

Consiste en transformar la radiación solar en calor, que puede aprovecharse para producir agua caliente destinada al consumo doméstico (calentamiento de piscinas, agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración por absorción). El calor también puede aprovecharse para producir energía mecánica mediante un ciclo termodinámico, a través de un alternador, generar energía eléctrica.

### **Tecnología de baja temperatura.**

La energía solar denominada de baja temperatura es la que acostumbramos a utilizar en el ámbito doméstico y suele instalarse en azoteas de vivienda o edificios comerciales. El procedimiento en el que se basan estos sistemas de captación solar es muy simple, pero a la vez de gran utilidad para el hombre por los servicios que ofrece en multitud de aplicaciones. Por aprovechamiento de baja temperatura se entiende todos aquellos sistemas de energía solar en los que el fluido calentado no sobrepasa los 100 °C. Estas instalaciones se caracterizan por emplear como elemento receptor de energía un captador fijo de placa plana o un captador solar de vacío. Como ya se ha comentado en anteriores ocasiones, entre las utilizaciones más extendidas basadas en esta fuente de energía de baja temperatura figuran la producción de agua caliente sanitaria, la calefacción de edificios, la climatización de piscinas, etc.

### **Tecnología de media y alta temperatura.**

La tecnología de media temperatura va destinada a aquellas aplicaciones que requieren temperaturas más elevadas de trabajo. A partir de los 80 °C los captadores planos convencionales presentan rendimientos bajos y cuando se pretende generar vapor entre 100 °C y 250 °C debe acudir a otro tipo de elementos de captación.

Para llegar a estos niveles de temperatura resulta indispensable utilizar sistemas que concentren la radiación solar mediante lentes o espejos parabólicos.

Las instalaciones solares de alta temperatura, también conocidas como termoeléctricas, se basan en procesos tecnológicos parecidos a los utilizados en instalaciones de media temperatura, pero eso sí, con una mayor capacidad para concentrar los rayos del Sol, así como para alcanzar temperaturas más elevadas.

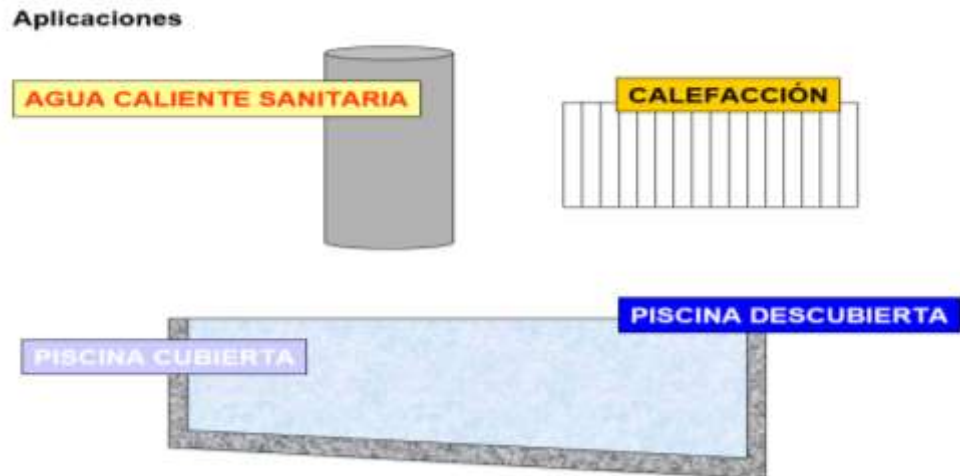


Fig.:3.3: Aplicaciones de la energía solar térmica. (Fuente: Jaume Surda B. "Energía Renovables")

### 3.3 Instalación solar térmica

Una instalación solar térmico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que permiten captar la energía solar disponible y transformarla de calor de forma que se pueda utilizar en diferentes necesidades.

Se aplican en:

- Climatización de piscinas.
- Producción de agua caliente sanitaria (ACS).
- Apoyo a sistemas de calefacción.
- Refrigeración.

Ventajas:

- No produce polución ni contaminación ambiental.
- Es silenciosa.
- Tiene una vida útil superior a 20 años.
- Es resistente a condiciones climáticas externas: granizo, viento .etc.
- No requiere mantenimiento complejo, solo limpieza del módulo solar y mantenimiento de las instalaciones hidráulicas, similar al resto de instalaciones.
- Disminuye la dependencia de combustibles fósiles.

### 3.4 Componentes principales

#### a. Sistema de captación

Encargado de captar y convertir la radiación solar en energía térmica aumentando la temperatura del fluido de trabajo.

**b. Intercambiador de calor**

Permite transferir el calor del fluido de trabajo que circula por el circuito primario al agua que hay en el circuito secundario.

**c. Sistema de acumulación**

Almacena la energía térmica producida en forma de agua para poder utilizar en periodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción.

**d. Sistema de control**

Encargado del correcto funcionamiento de la instalación dando las ordenes necesarias a las bombas y válvulas para que funcionen según los valores aportados por las diferentes sondas.

**e. Sistema hidráulico.**

Permite la circulación de los fluidos por los diferentes circuitos de la instalación.

**f. Sistema de energía auxiliar (apoyo)**

En general, el sistema solar va a permitir sustituir una parte de la energía convencional consumida por la instalación, pero no toda ella, por eso normalmente siempre existe este sistema.

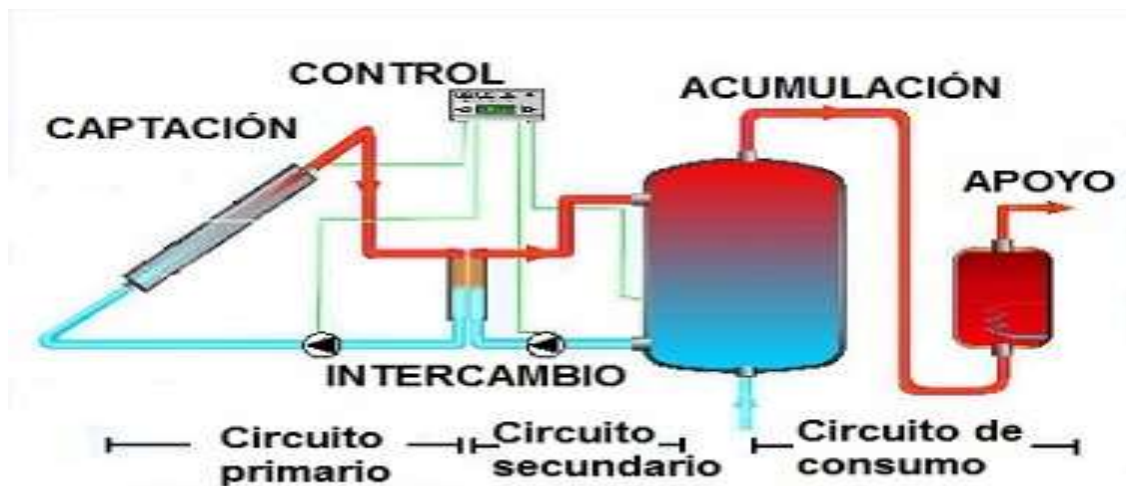


Fig.3.4: Esquema básico de una instalación solar para ACS. (Fuente: Pedro Rufes Martínez “Energía Solar Térmica”)

**3.5 Sistema solar térmico para climatización de piscinas**

La utilización de captadores solares para calentar piscinas es una de las aplicaciones más atractivas de la energía solar térmica, tanto si se trata de instalaciones cubiertas como al aire libre.

Al circular el agua de la piscina directamente por los captadores no es necesario utilizar ningún tipo de intercambiador de calor ni de sistemas de acumulación (el propio vaso de la piscina ejerce la función de acumulador).

Se utilizan captadores plásticos, generalmente de polietileno o polipropileno, sin ningún tipo de cubierta, carcasa, ni material aislante, y con tratamientos frente a los efectos de la intemperie (rayos UV, lluvia, etc.) y los agentes químicos utilizados para purificar el agua de la piscina.

Si la necesidad de la climatización de la piscina se prolonga a lo largo de todo el año (piscinas cubiertas), resultara necesario utilizar captadores planos o captadores de tubos de vacío.

En la fig. 3.5 se muestra un tipo de instalación; Abre el paso al calentador cuando la temperatura de la piscina es inferior a la deseada y la temperatura ambiente es propicia para calentar, se cierra el paso al calentador cuando la piscina llega a la temperatura deseada.

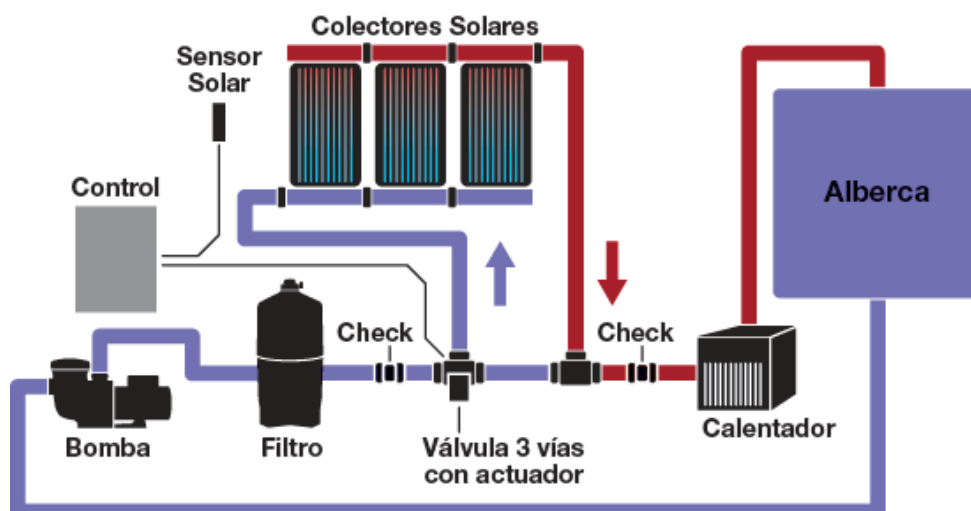


Fig. 3.5: Tipo de Instalación solar térmica para climatización de piscinas cubiertas.

Fuente : Albercas GPA

### 3.6 El sistema de captación

#### 3.6.1 El colector solar plano

El principio de funcionamiento del captador plano se basa en una “trampa de calor” que conjuga el “efecto de cuerpo negro” con el “efecto invernadero”. Gracias a este sistema de captación se consigue absorber la mayor parte de la radiación solar que llega hasta la superficie y devolver la menos posible. Los

captadores planos, destinados por lo general a la producción de agua caliente sanitaria, están recubiertos de una caja herméticamente cerrada. En la cara superior de esta caja se coloca una superficie acristalada que deja atravesar la radiación solar e impide que se pierda la ganancia térmica obtenida. Generalmente la carcasa que envuelve al equipo de captación es metálica, aunque en algunos casos puede ser de plástico especial o de algún otro material. En el interior del sistema captador se encuentra la placa absorbadora, que es el lugar donde se realiza la captación de la radiación solar propiamente dicha. Fabricada con materiales que conducen bien el calor (aluminio, cobre, planchas metálicas...), esta placa tiene un funcionamiento parecido al de un radiador: con una disposición de tubos que cuentan con una toma por donde entra el fluido a calentar y otra de salida.

Pese a que existe un gran número de diferentes configuraciones de tubos internos, los tradicionales suelen utilizar los de tipo serpentina o los de tubo paralelo. Estos consisten en varios tubos de cobre, orientados en forma vertical con respecto al captador, en contacto con una placa de color oscuro que transfiere el calor al fluido circulante. El contacto entre la placa absorbadora y el tubo por donde circula el fluido no tiene por qué ser un elemento crítico del captador siempre que esté bien sellado con cualquiera de las técnicas de soldadura disponibles en estos momentos en el mercado.

### **3.6.2. Colectores de tubos de vacío**

En los tubos de vacío se reducen las pérdidas térmicas, tanto las de convección como las de conducción, al hacerse el vacío en el espacio entre el absorbador y el tubo exterior con lo que se consigue alcanzar temperaturas elevadas. El nivel de vacío es un parámetro fundamental en la efectividad de la reducción de las pérdidas térmicas y, a la vez, el parámetro cuya fiabilidad a largo plazo es más difícil de garantizar. El vacío está compuesto por un conjunto de tubos, conectados en un distribuidor, cada uno de los cuales está formado por uno o más tubos por donde circula el fluido a calentar y un tubo de vidrio como cubierta y envolvente exterior.

Hay varios tipos de colectores de tubos de vacío entre los que destacan: los de tubos de calor, los tubos en "U" y los de flujo directo.

**a. Colector de vacío de tubos de calor (heat-pipe)**

En el interior del tubo evacuado hay un tubo cerrado, que dispone de aletas como absorbedor, en cuyo interior hay un fluido caloportador a la presión adecuada para que se evapore y condense en un rango determinado de temperaturas. Al calentarse el tubo absorbedor se evapora una parte del líquido que se desplaza, en forma de vapor, a la parte superior del tubo donde, en un bloque de transferencia de calor, cede calor a otro fluido de trabajo, se condensa y vuelve a un estado líquido para descender por el tubo hasta que se evapore otra vez .

Estos colectores necesitan que los tubos tengan una inclinación mínima (superior a unos 20°) para poder funcionar correctamente. Cuando la temperatura del distribuidor es superior a la de evaporación del fluido del tubo de calor, no se produce la condensación y se mantiene la evaporación total en el interior del tubo y, por tanto, se paraliza la transferencia de calor al fluido. En esa situación únicamente actúa la conducción directa a través del tubo metálico que, como es muy pequeña en relación a la de cambio de fase, permite armar que los tubos de calor sólo funcionan transfiriendo calor en un único sentido.

**b. Colector de vacío de tubo en “u” (u-tube)**

En el interior del tubo evacuado hay un tubo de paso del fluido caloportador en el cual por uno de los extremos el fluido entra a baja temperatura para luego recorrer el circuito de “U” y salir a mayor temperatura

**c. Colector de vacío de flujo directo**

En el interior del tubo evacuado existe un absorbedor plano con un tubo en el centro que contiene el fluido de trabajo; este entra por un tubo concéntrico de menor diámetro, circula hasta el final del tubo y vuelve por el tubo exterior calentándose.

Dentro de determinados márgenes, los absorbedores se pueden girar en el interior del tubo para optimizar su inclinación. Esto permite, además, instalar los colectores solares verticales u horizontales para conseguir una mejor integración arquitectónica y simplificar la estructura soporte.



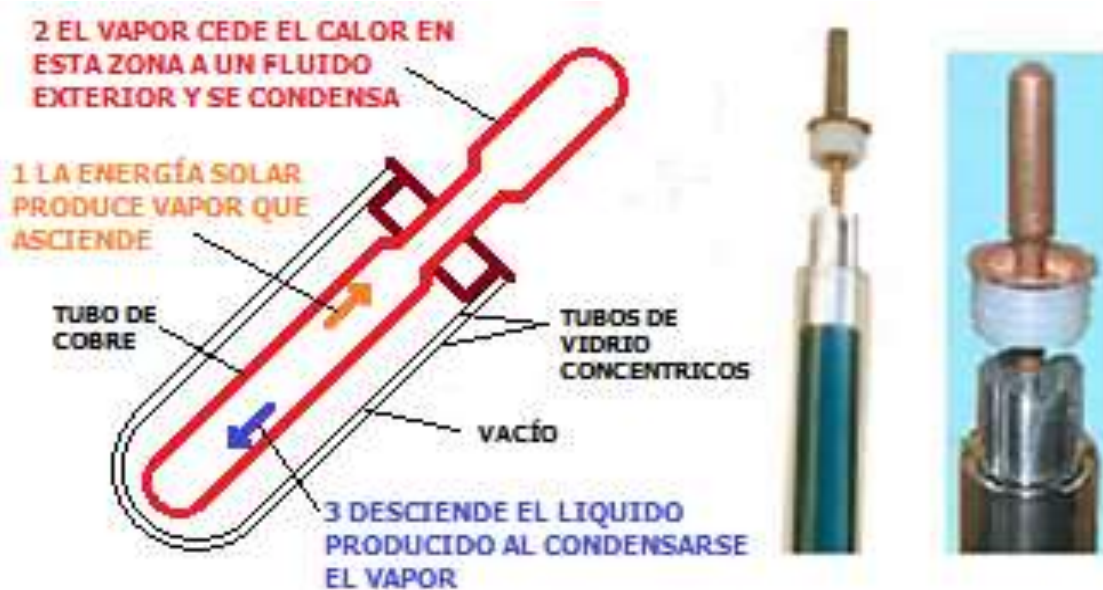


Fig.3.7: Tubo de vacío del tipo de calor (heat pipe). (Fuente: Juan C. Martínez Escribano, Manual Técnico de Energía Solar Térmica)

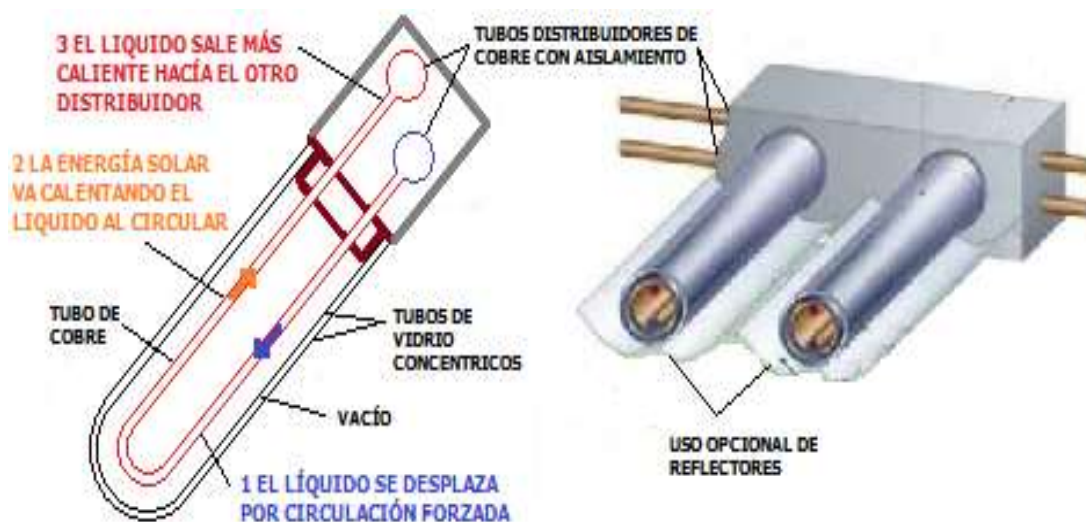


Fig.3.8: Tubo de vacío del tipo tubo en “U” (Fuente: Juan C. Martínez Escribano, Manual Técnico de Energía Solar Térmica)

### 3.7 Curva de rendimiento del colector solar

#### 3.7.1 Propiedades ópticas

El comportamiento térmico de un colector solar está asociado a las propiedades ópticas del vidrio y de la placa absorbidora a saber; transmitancia (t) ,absortancia ( $\alpha$ ) y reflectancia( $\rho$ ) que puede definirse para cualquier longitud de onda.

La irradiación incidente sobre una superficie puede absorberse, reflejarse y/o transmitirse .Se puede expresar de la siguiente manera:

$$E_{\text{incidente}} = E_{\text{absorbida}} + E_{\text{transmitida}} + E_{\text{reflejada}}$$

#### 3.7.2 Rendimiento, balance térmico

El rendimiento, depende de la diferencia de temperatura entre el absorbedor y el ambiente para cada nivel de irradiancia. Para una diferencia de temperatura dada, el rendimiento es mayor cuanto mayor es la Irradiancia solar.

El colector solar es una máquina térmica sometida a condiciones de trabajo muy diversas. Para poder efectuar un estudio simple del comportamiento del colector es necesario suponer unas **condiciones estacionarias**, esto es, unos valores medios constantes para todos los parámetros que intervienen.

Consideramos un colector inmóvil, recibiendo una radiación uniformemente repartida y de forma constante, por cuyo interior circula el fluido caloportador con un caudal determinado, penetrando por un orificio a una temperatura y saliendo por otro a otra temperatura, como consecuencia de haber absorbido algo de calor a su paso por los conductores (tuberías).

Veamos el balance energético según la **ecuación**:

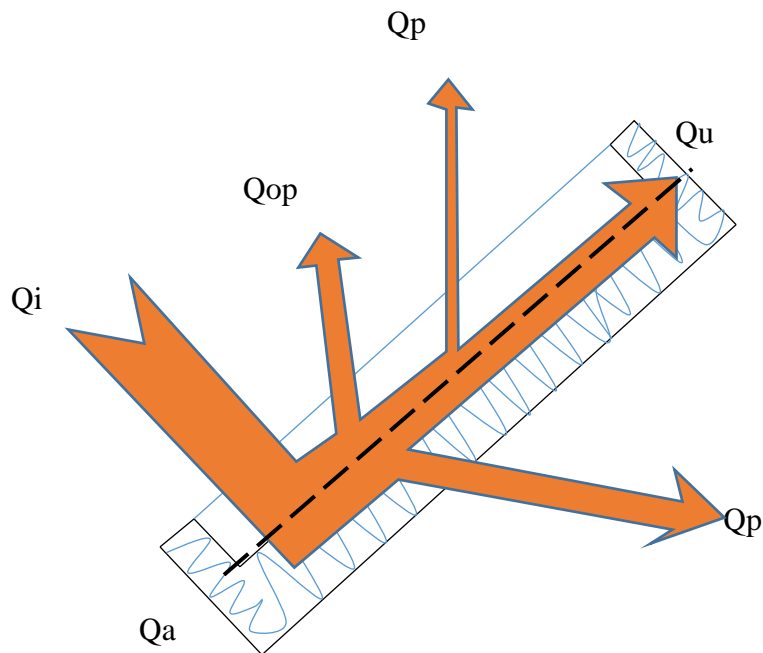
$$\dots\dots\dots (I)$$

Donde:

Qa: es la potencia calorífica absorbida por el captador.

Qu: es la potencia calorífica que absorbe el fluido calo portador o potencia útil.

Qp: es la potencia calorífica que se pierde hacia el entorno.



$Q_i$ : Potencia calorífica que incide en el captador.

$Q_{op}$ : Perdidas ópticas (reflexión)

$Q_a$ : Potencia calorífica absorbida por el captador.

$Q_p$ : Perdidas térmicas por conducción y convección.

Se producen a través de la cubierta, la cara posterior y los laterales del captador.

$Q_u$ : Potencia calorífica absorbida por el fluido caloportador (potencia útil).

Fig.3.10: Balance energético en un captador solar plano.

Fuente: Pedro Rufes Martínez "Energía Solar Térmica "

De la figura:

$$Q_i = I \cdot A_c$$

$$Q_a = I \cdot A_c \cdot \tau \cdot \alpha$$

$$Q_p = A_c \cdot U_L (t_p - t_a)$$

En la ecuación (I)

$$Q_u = Q_a - Q_p = I \cdot A_c \cdot \tau \cdot \alpha - A_c \cdot U_L (t_p - t_a)$$

Donde:

$I$  es la irradiancia que incide en el captador ( $W/m^2$ );

$A_c$  el área efectiva del captador ( $m^2$ );

- $\tau$  la fracción de radiación solar que llega a la placa absorbente, es decir que atraviesa la cubierta (transmitancia de la cubierta);
- $\alpha$  la fracción de radiación solar que es absorbida por la placa absorbente (absortancia de la placa);
- $U_L$  el coeficiente global de pérdidas, que comprende las pérdidas de calor a través de la carcasa y de la cubierta ( $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ );
- $t_p$  la temperatura media de la placa absorbente ( $^\circ C$ );
- $t_a$  la temperatura ambiente ( $^\circ C$ ).

El factor de eficiencia de intercambio de calor entre la placa absorbente y el fluido calo portador ( $F_R$ ) es la relación de la energía que se obtiene realmente y la que se obtendría si la temperatura de la placa absorbente fuera igual a la del fluido a la entrada del captador ( $t_e$ )

---

Como la temperatura media de la placa es difícil de medir, generalmente se sustituye por la temperatura media del fluido en el captador, que es la media aritmética de la temperatura del fluido calo portador entre la entrada y salida del captador, siendo el error cometido prácticamente despreciable. El factor  $F_R$  dependerá del tipo del fluido, del caudal y de las características del captador solar.

Por tanto, la potencia útil puede expresarse como:

$$[I \quad ]]$$

El rendimiento térmico o eficiencia instantánea de un captador es la relación entre la energía útil y la recibida en un instante de tiempo determinado.

---

Si para un captador determinado y un caudal constante se considera que  $F_R U_L$  son constantes e independientes de  $I, t_e, t_a$ , la expresión

anterior es la ecuación de una recta en una representación gráfica de  $\eta$  frente a

\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Donde:

$\eta_o$  es la ordenada en el origen y se denomina rendimiento óptico

$$(\eta_o = F_R(\tau \cdot \alpha)) \text{ y}$$

$m$ , la pendiente de la recta y representa las pérdidas térmicas

$$(m = F_R U_L).$$

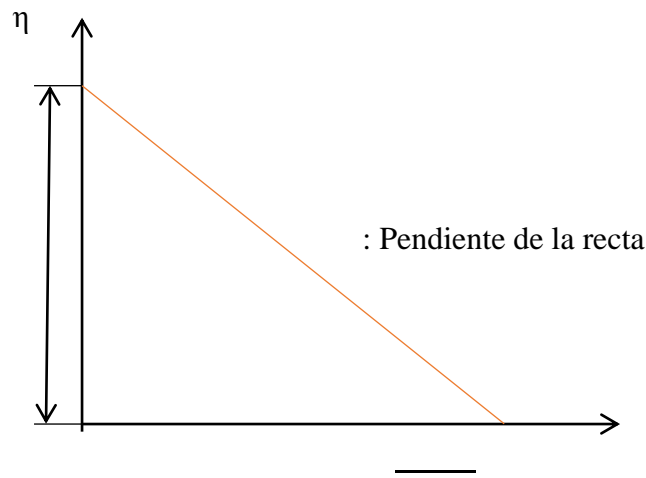


Figura 3.11: Representación gráfica de la ecuación del rendimiento.

Fuente: Pedro Rufes Martínez “Energía Solar Térmica”

En ocasiones el rendimiento del captador se representa en función de

$\left(\frac{f-a}{t_s - t_f}\right)$ , o bien en función de  $\left(\frac{t_s - t_f}{t_s - t_a}\right)$ , donde  $t_f$  es la temperatura media del fluido en el captador, y,  $t_s$  es la temperatura de salida del fluido.

La ecuación anterior del rendimiento está especialmente indicada para los captadores planos. Sin embargo a medida que el rango de temperaturas aumenta, el error introducido por esta aproximación lineal también lo hace y puede llegar a ser significativo. En tales casos es preferible utilizar una ecuación de segundo grado, como la siguiente.

$$\cdot (\text{---}) \quad \text{---} \quad \dots \dots \dots (11)$$

Donde  $\eta_o$  es el rendimiento óptico;  $a_1$  y  $a_2$  parámetros que caracterizan la pérdidas de calor del captador hacia el ambiente, las unidades de estos coeficientes son  $W/(\text{°K}\cdot\text{m}^2)$  y  $W/(\text{°K}^2\cdot\text{m}^2)$ , respectivamente.

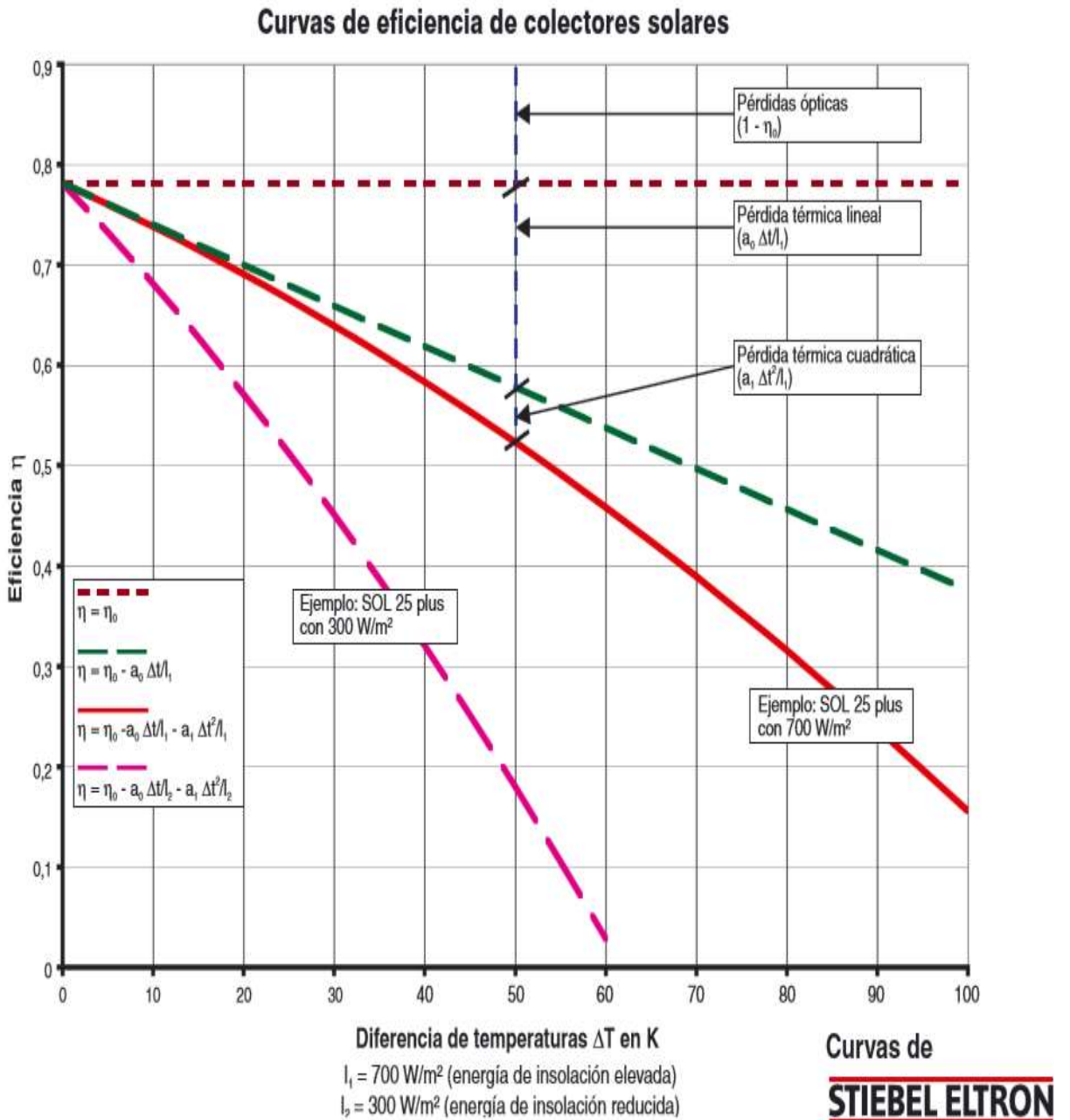


Fig.3.12 : Curva de rendimiento de colectores solares..

Fuente: Salvador Escoda S.A. "Manual Técnico de Energía Solar Térmica"

### 3.8 Posición de los captadores solares

Es muy de tener en cuenta las condiciones de la geometría orbital para poder situar los paneles solares en la posición en la captan la máxima energía durante el mayor tiempo del arco solar en su recorrido este-oeste. Para la condición debe tener en cuenta que la posición del supuesto panel tiene dos ejes de fijación, que corresponden al azimut (posición este oeste) y a la elevación (inclinación con respecto al plano horizontal de la tierra).

La orientación de los captadores solares será tal que estos se dispongan siempre “mirando” hacia el ecuador terrestre. Esto supone orientación norte geográfico para aquellas instalaciones situadas en el hemisferio sur terrestre y orientadas hacia el sur geográfico para las instalaciones situadas en el hemisferio norte terrestre. No obstante, son admisibles unas desviaciones de hasta  $\pm 20^\circ$  respecto al norte o al sur geográfico sin que se produzcan grandes pérdidas de rendimiento.

La inclinación ( $\beta$ ) está en función del tipo de preferencia de uso y la latitud.

Si es preferente en verano:  $\beta = \text{latitud} - 10^\circ$

Si es preferente en invierno:  $\beta = \text{latitud} + 10^\circ$

Si la demanda es constante anual:  $\beta = \text{latitud}$

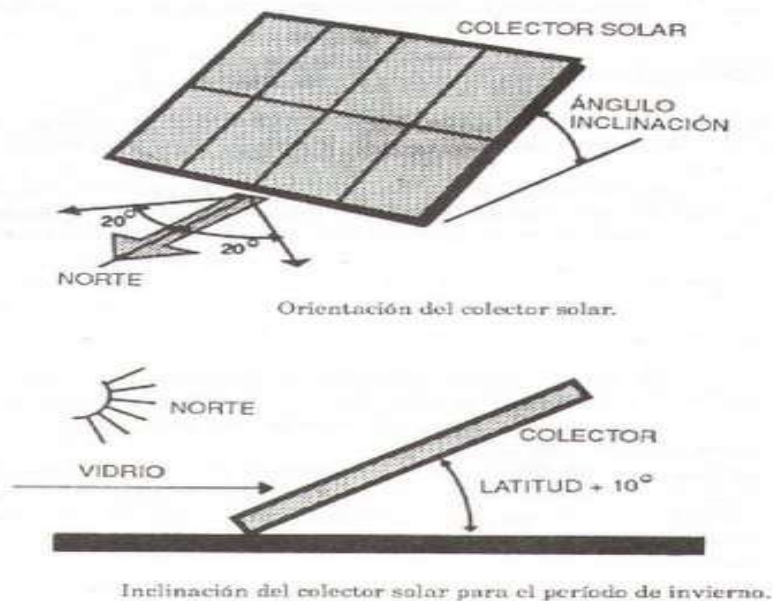


Fig.3.13: Orientación e inclinación de los captadores.

Fuente: Tomas Perales Benito “Instalación de paneles Solares Térmicos”

### **3.9 Consideraciones en la hidroterapia**

#### **a. Terapia en piscina**

La terapia en piscina combina la temperatura del agua y las fuerzas físicas de la inmersión (flotación, presión hidrostática, factores hidrodinámicos) con ejercicios terapéuticos. Se utiliza, fundamentalmente, cuando se precisa la ejecución de ejercicios asistidos o resistidos de las extremidades, sin carga sobre las articulaciones y músculos. En inmersión, pueden reeducarse la marcha, el equilibrio y la coordinación, antes de que la fuerza muscular o la consolidación ósea sean completas.

La terapia en piscina, al igual que los otros métodos hidroterápicos, se utiliza integrada dentro de un programa terapéutico rehabilitador. La inmersión en sí no es un fin, sino más bien una etapa que ayuda al paciente a liberarse poco a poco en el medio acuático, para después hacerlo fuera del agua. La verdadera finalidad de la hidroterapia es, por lo tanto, salir del agua con más soltura.

#### **b. Consideraciones de tamaño de la piscina**

SE considera que una piscina de tratamiento debe tener, como mínimo, 3m<sup>3</sup> para que pueda tratarse a una persona. Debe tener una profundidad media de 0,9 a 1.5 m, si se pretende hacer ejercicios de marcha, en cuyo caso su longitud será por lo menos de 3 m.

#### **c. Duración**

El tratamiento en piscina tendrá una duración variable, entre 10 y 30 minutos, según el estado general del paciente. Es conveniente iniciarlo con 10-15 minutos e ir aumentando el tiempo gradualmente, según la tolerancia.

#### **d. Temperatura**

La temperatura del agua será variable, según la patología tratada:

- En pacientes neurológicos, la temperatura del agua de la piscina será de **34-37 °C**, cuando se traten miopatías, secuelas de poliomielitis, mielo meningocele. Cuando se utilice en lesionados medulares para entrenamiento al esfuerzo, la temperatura será de 28-30 °C. Por último, será de 10-15 °C (para reducir la espasticidad), cuando se utilice en pacientes con esclerosis en placas.
- En pacientes postraumáticos o tras cirugía ortopédica para facilitación neuromuscular propioceptiva y para reeducación de la marcha, la temperatura termo neutra (34-36 °C) será la más adecuada.



- En las piscinas de natación, debido al mayor trabajo muscular que se realiza, la temperatura media será de 28-30 °C.
- La temperatura de las áreas circundantes a la piscina se debe mantener entre 25 a 28 °C (nunca superior a 30°C) .El valor de la humedad relativa (HR) debe estar entre 50-65%, de preferencia 60%.



Fig.3.14 Hidroterapia para la rehabilitación de niños con parálisis cerebral

Fuente: Instituto para el Desarrollo Infantil ARIE

Módulo del Distrito de Comas

### 3.10 Climatización de las piscinas cubiertas

En el proyecto de climatización de una piscina cubierta debe tenerse en cuenta, en primer lugar, que en el recinto hay una fuerte evaporación y, en segundo lugar, que los ocupantes tienen un grado de vestimenta muy bajo. Como consecuencia de ello la obtención de unas condiciones de confort adecuadas y el evitar condensaciones, que son los dos objetivos específicos de este tipo de instalaciones, pasa por:

1. La consecución de una temperatura y humedad ambientales adecuadas.
2. El mantenimiento de la temperatura del agua del vaso de piscina.
3. Garantizar el aire de ventilación mínimo higiénico.
4. Evitar las corrientes de aire en la zona de ocupación y sobre la lámina de agua.
5. Evitar que se produzcan condensaciones en los distintos cerramientos como consecuencia de la alta humedad absoluta y relativa del aire ambiente interior.

<b>Temperaturas de los diferentes servicios de piscinas cubiertas</b>	
Competición	24 °C
Entrenamiento	26 °C
Enseñanza y recreo	25 °C
Disminuidos físicos	34-37 °C
Piscina Infantil	30 °C
Niños de 3 à 6 años y tercera edad	32 °C
Mujeres embarazadas	30 - 32 °C

Tabla 3.1: Temperaturas de los diferentes servicio de piscinas cubiertas.

Fuente: “Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios” (RITE)

Instalaciones específicas (ITE -10)

Como regla general se aconseja que la temperatura del aire se sitúe siempre dos o tres grados por encima de la del agua y la humedad relativa en torno al 65%, las razones son en primer lugar el confort, ya que debemos evitar en lo posible que los bañistas que salen mojados tengan sensación de frío, bien sea por una temperatura ambiente baja o bien por el calor cedido por el cuerpo en el proceso de evaporación del agua de la piel mojada, que es más rápida cuanto menor sea la humedad del ambiente.

### **3.11 Necesidades en la climatización de una piscina cubierta**

Veamos cuáles son las necesidades en una piscina cubierta y cómo calcularlas:

1. Necesidades de des humectación en el aire ambiente como consecuencia de la evaporación de agua.

2. Necesidades para mantener la temperatura del agua del vaso de piscina.
3. Necesidades para mantener la temperatura en el recinto que, en este caso, son las propias de cualquier local que deba ser climatizado, de ahí que su cálculo sea idéntico al de este tipo de sistemas de climatización.

Para nuestro proyecto nos limitaremos al cálculo de pérdidas de calor en el agua del uso de la piscina y la potencia necesaria para climatizar el agua de la piscina.

### 3.11.1 Necesidades de des humectación

La evaporación en la lámina de agua será tanto mayor sea la ocupación de la piscina, y en especial el número de bañistas, ya que la mayor interacción entre agua y aire en flujo turbulento que se crea como consecuencia del chapoteo, favorece la evaporación. De la misma forma que una elevada velocidad de aire sobre la lámina favorecerá también el fenómeno de la evaporación.

Por otro lado, las playas mojadas son elementos que aumentan la evaporación de agua así como el agua que los bañistas se llevan sobre la piel al salir del vaso.

Existen multitud de fórmulas para calcular la cantidad de agua evaporada en función de los factores anteriormente mencionados. A continuación exponemos una de las fórmulas más usadas la fórmula de Bernier.

La fórmula de Bernier cita para piscinas cubiertas contempla la suma de dos términos: piscina sin agitación (coeficiente 16) y piscina con ocupación (coeficiente 133 n).

$$M_e = S \times [(16+133n) \times (W_e - G_a \times W_{as})] + 0,1 \times N$$

Dónde:

$M_e$  = masa de agua evaporada (kg/h)

$S$  = superficie de piscina (m<sup>2</sup>)

$W_e$  = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua (kg<sub>ag</sub>/kg<sub>a</sub>)

$W_{as}$  = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior (kg<sub>ag</sub>/kg<sub>a</sub>)

$G_a$  = grado de saturación

$n$  = nº de nadadores por  $m^2$  de superficie de lámina de agua

$N$  = nº total de ocupantes (espectadores)

En esta expresión podemos ver que el agua evaporada depende de la diferencia entre humedad absoluta en la saturación a la temperatura del agua y la humedad absoluta del aire ambiente, y por supuesto, del número de bañistas. Por tanto, cuanto mayor sea la temperatura del agua será mayor su humedad absoluta en la saturación como consecuencia aumentará la cantidad de agua evaporada, en las mismas condiciones del aire ambiente. Por el contrario, si la temperatura del aire interior, su humedad relativa, o ambas bajas, su humedad absoluta disminuye y, como consecuencia, aumenta la evaporación. Luego es conveniente que la temperatura del agua no sea excesivamente alta y que la temperatura del aire sea siempre mayor que la del agua para que la evaporación y las condiciones de confort sean las adecuadas.

<b>Humedad absoluta del aire saturado</b>	
<b>T °C</b>	<b>W (Kg agua / Kg aire)</b>
25	0,0201
26	0.0214
27	0.022
28	0.0242
29	0.0257
33	0,033
34	0,035
35	0,0367
36	0,039
37	0,041
38	0,044
39	0,046
40	0,049

Tabla 3.2: Propiedades del aire húmedo a presión atmosférica (101.325KPa)

Fuente. Carrier "Manual de aire acondicionado"

### 3.11.2 Pérdidas de calor en el agua del vaso de piscina

En la figura 3.15 pueden verse cuales son las pérdidas de calor en el vaso de piscina:

1. Evaporación de agua del vaso ( $Q_e$ ).
2. Radiación de calor por diferencias de temperatura ( $Q_r$ ).
3. Convección de calor entre agua y aire ( $Q_c$ ).
4. Renovación del agua del vaso ( $Q_{re}$ ).
5. Transmisión de calor del agua del vaso ( $Q_t$ ).

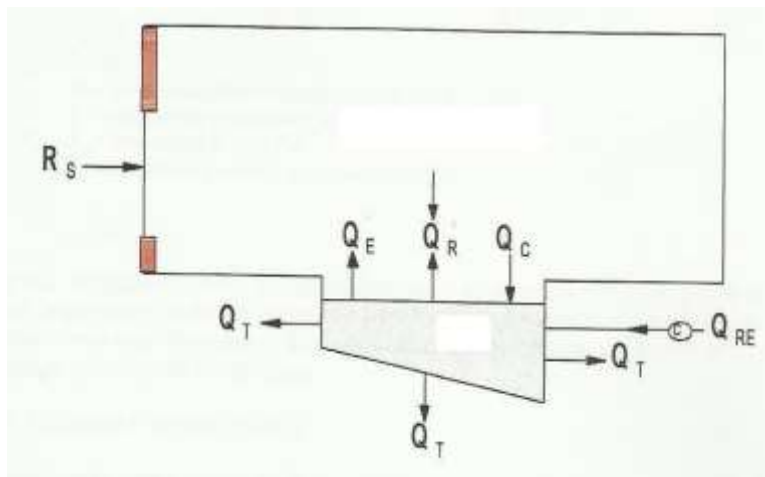


Figura 3.15: Esquema pérdidas de calor del vaso .

Fuente: CIATESA “Climatización de Piscinas Cubiertas”

Y estas pérdidas dependen de los siguientes factores:

1. Temperatura del agua de la piscina.
2. Temperatura del aire ambiente.
3. Humedad del aire ambiente.
4. Ocupación de la piscina.
5. Características constructivas del vaso.

A continuación examinaremos cada una de estas pérdidas de calor.

Según CIATESA “Climatización de Piscinas Cubiertas” determina:

- **Pérdidas por evaporación**

En el proceso de evaporación del agua del vaso de la piscina se absorbe calor por lo que se produce un enfriamiento del resto del agua que no se evapora, es decir, disminuye la temperatura del agua del vaso. Por tanto, cuanta más evaporación existe más se enfriará el agua de la piscina y mayores serán las necesidades que habrá que aportar para mantener la temperatura de la misma.

- **Pérdidas por radiación**

Como puede verse en la siguiente fórmula de Stefan Boltzmann las pérdidas por radiación están en función de la diferencia entre la temperatura media de los cerramientos y la del agua, elevadas ambas a la cuarta potencia y expresadas en grados K ( $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$ )

$$Q_R = D \times E \times (T_{ag}^4 - T_c^4) \text{ [ W/ m }^2\text{ ]}$$

Donde:

$D =$  constante de Stefan-Boltzmann  $= 5,67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2\text{k}^4$ .

$E =$  emisividad de la superficie  $= 0,95$  (agua)

$T_{ag} =$  temperatura del agua ( $^{\circ}\text{K}$ )

$T_c =$  temperatura superficial de los cerramientos ( $^{\circ}\text{K}$ )

En el caso de piscinas cubiertas los cerramientos deben encontrarse a muy pocos grados de temperatura por debajo, dependiendo del tipo de cerramiento y coeficiente de transmisión de calor, de la del aire ambiente, y por tanto a muy poca diferencia con la del agua, así pues estas pérdidas por radiación en piscinas cubiertas se consideran generalmente despreciables.

- **Pérdidas por convección**

Al igual que las pérdidas por radiación en el caso de piscinas cubiertas las pérdidas por convección ( $Q_c$ ) también se suelen despreciar, ya que al aplicar la fórmula el valor resultante es pequeño, pues la diferencia de temperaturas también lo es:

$$Q_c = 0,6246 \times (T_{ag} - T_a)^{4/3} \text{ [ W/ m}^2\text{ ]}$$

- **Pérdidas por renovación**

En una piscina cubierta, como ya hemos visto, existen pérdidas continuas de agua, desde la evaporada, a la que los propios bañistas sacan del vaso, o la gastada en la limpieza de fondos y filtros. Sin embargo, estas cantidades son muy inferiores al 5% del volumen total del vaso que obligatoriamente por formativa, debido a razones higiénicas sanitarias, debe reponerse diariamente. Esta renovación conlleva que las pérdidas de calor ( $Q_r$ , en w) por este concepto sean importantes, y en todo caso, dependerán de la temperatura de agua de la red y de la temperatura del agua de la piscina que se pretenda alcanzar. Se puede calcular de la siguiente forma:

$$Q_r = V_r \times D \times C_e \times (T_{ag} - T_x)$$

Donde:

$V_r$  = volumen de agua de renovación ( $m^3$ ) (5% volumen vaso)

$D$  = densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$C_e$  = calor específico del agua = 1,16 (wh / kg °c)

$T_{ag}$  = temperatura agua piscina ( °c)

$T_x$  = temperatura agua red ( °c)

- **Pérdidas por transmisión**

Dependerán de las características constructivas del vaso (enterado, visto, etc.) y del coeficiente de transmisión térmica del material empleado. En el caso más habitual de vaso de hormigón construido dentro del propio sótano del recinto las pérdidas por transmisión ( $Q_t$ , en W), se calculan con la fórmula:

$$Q_T = C_T \times S \times (T_{ag} - T_{ex})$$

$C_T$  = coeficiente de transmisión de muros y solería

$$(1,50 \text{ W/ m}^2 \times \text{°C})$$

$S$  = superficie de cerramiento del vaso

$T_{ag}$  = temperatura agua piscina

$T_{ex}$  = temperatura exterior al cerramiento (sótano)

### **3.11.3 Potencia necesaria para puesta a régimen.**

Cuando haya que llenar el vaso de la piscina completamente con agua de red, la potencia calorífica necesaria es superior a la de mantenimiento, que es la que hemos calculado anteriormente. Para determinarla tendremos que aplicar la siguiente fórmula:

$$Q_{pr} = V \times D \times C_e \times (T_{ag} - T_x) / T$$

Y considerando las siguientes hipótesis de cálculo:

$Q_{pr}$  = potencia puesta a régimen (W)

$V$  = volumen de agua de la piscina

$D$  = densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$C_e$  = calor específico del agua = (1,16 w x h / kg °C)

$T_{ag}$  = temperatura agua piscina

$T_x$  = temperatura llenado red

$T$  = tiempo de puesta en régimen



### 3.11.4 Perdidas por ventilación

La ventilación para asegurar que el aire tiene una calidad aceptable, se encarga de introducir el aire exterior y sacar parte del aire interior, asegurando una recirculación y renovación del aire, siempre será desfavorable para el cálculo de cargas, ya que retira aire en condiciones de confort por aire en otras condiciones más desfavorables. Se puede calcular esa pérdida mediante la siguiente formula.

$$Q_{\text{ren,aire}} = Q \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{\text{in}} - T_{\text{ext}}) \cdot N \quad (\text{W})$$

Q: caudal de aire por persona, según tabla IDA2

(12.5 dm<sup>3</sup>/s persona Equivalente a 45 m<sup>3</sup>/h persona)

N: número de personas.

T<sub>ext</sub>: Temperatura del exterior.

T<sub>in</sub> : Temperatura interior

ρ: densidad del aire: 1.2 Kg/m<sup>3</sup>

C<sub>e</sub>: Calor específico del aire 1010 J/Kg K°

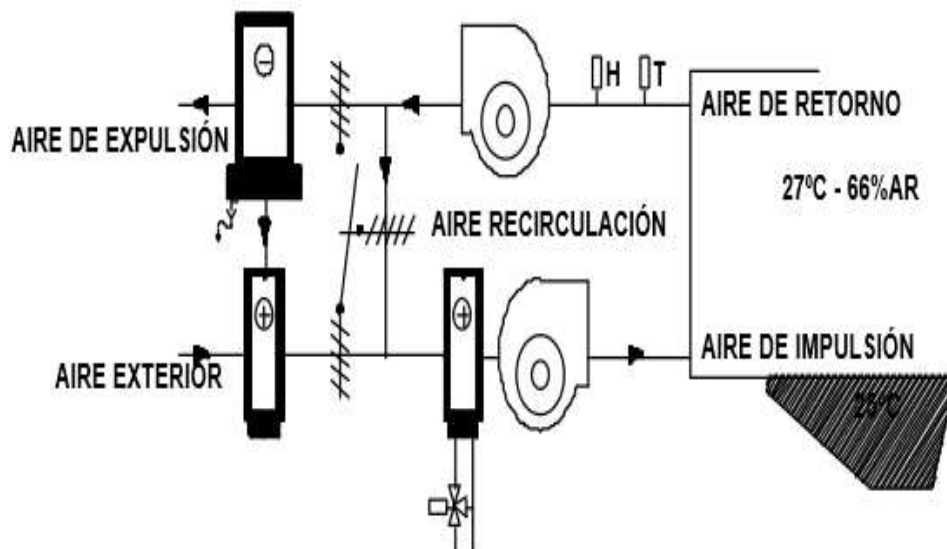


Fig. 3.16: Renovación de aire.

Fuente: CIATESA "Climatización de Piscinas Cubiertas"

### a. Categorías de calidad de aire interior

- **IDA 1:** es la categoría de calidad óptima del aire. Se exige en edificios de uso muy sensibles, tales como, hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- **IDA 2:** significa una calidad de aire buena. Se suele exigir esta calidad de aire para oficinas, salas comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y estudiantes, salas de lectura, bibliotecas, museos, salas de tribunales, colegios y aulas de enseñanzas, piscinas cubiertas.
- **IDA 3:** o calidad de aire media. Tipo de aire válido para el grueso de edificios, tales como, edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos y representaciones, habitaciones de hoteles, hostales y pensiones, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, establecimientos deportivos (salvo piscinas), salas para uso de ordenadores.
- **IDA 4:** corresponde a un tipo de aire de calidad baja. Para el resto de edificios no mencionados anteriormente.

Caudales de aire exterior, en $\text{dm}^3/\text{s}$ por persona	
Categoría del aire interior exigible	$\text{dm}^3/\text{s}$ por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 3.2: Caudales de aire exterior

Fuente: “Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios” (RITE)

Instrucción Técnica (IT -1)

### 3.12 Normas generales para instalaciones solares térmicas

Objetivos principales:

- **Ámbito de aplicación;** cuando utilizar estas aplicaciones.
- **Contribución mínima;** el porcentaje que cubrirá la demanda de energía con los colectores solares.
- **Calculo y dimensionado;** proceso a seguir para determinar el porcentaje que tiene que cubrir, calculando cada demanda de la instalación.
- **Sistema de acumulador solar;** se proyecta en función de la energía que aporta a lo largo del día.
- **Sistema de intercambio;** la potencia mínima del intercambiador sea independiente o incorporado al acumulador.

## CAPITULO 4

### CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE COLECTORES PARA LA CLIMATIZACIÓN DE LA PISCINA

#### 4.1 Ubicación y orientación geográfica del lugar de la instalación.

El local de la piscina está ubicado en el Departamento de Lima, Distrito los Olivos.

Latitud geográfica: 11.94 Sur (-11.94)

Longitud geográfica: 77.08 Oeste (-77.08)

#### 4.2 Características de la piscina a climatizar:

- La piscina se encuentra en un ambiente cerrado de 5m de largo por 2.5m de ancho por 3m de alto.
- Las dimensiones de la piscina son: De 3.25m de largo por 1.55m de ancho por 1m profundidad (5m<sup>3</sup> de volumen y 5m<sup>2</sup> de superficie de la piscina)
- La temperatura del agua de la piscina es de 35°C para uso de 8 horas
- La temperatura del ambiente de la piscina es de 27°C y 65 %HR

#### 4.3 Demanda de la energía para la climatización de la piscina.

##### 4.3.1 Cálculo de las necesidades de des humectación.

Calculamos la masa de agua evaporada ( $M_e$ )

Aplicando la Fórmula de Bernier

$$M_e = S \cdot [(16+133n) \cdot (W_e - G_a \times W_{as})] + 0.1 N$$

$$S = 5 \text{ m}^2$$

$$W_e = 0.0368 \text{ Kg agua / Kg aire de la tabla No 1 a } 35^\circ \text{ C}$$

$$W_{as} = 0.0225 \text{ Kg agua /Kg aire de la tabla No 1. a } 27^\circ \text{ C}$$

$$G_a = 65\% \text{ HR}$$

$$n = 2/5 \text{ ocupantes/ m}^2$$

$$N = 2 \text{ espectadores}$$

Reemplazando valores.

$$M_e = 5 \times [(16 + 133 \times 3/5) \cdot (0.0413 - 0.65 \times 0.0225)] + 0.1 (2)$$

$$M_e = 7.863 \text{ Kg/h.}$$

### 4.3.2 Pérdidas de calor en el agua del vaso de piscina

#### a. Pérdidas por Evaporación ( $Q_e$ )

Teniendo en cuenta que el calor de vaporización del agua (CV) a una temperatura 35 °C es de 672 W-HR/Kg de tabla de agua saturada.

$$Q_e = C_v (M_e)$$

$$Q_e = (7.863 \text{Kg/HR}) (672 \text{ W-HR/Kg})$$

$$Q_e = 5291 \text{ W.}$$

#### b. Pérdidas por Radiación

$$Q_R = D \times E \times (T_{ag}^4 - T_c^4) [ \text{W/ m}^2 ]$$

Dónde:

$$D = \text{constante de Stefan-Boltzmann} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2\text{o}k^4.$$

$$E = \text{emisividad de la superficie} = 0,95 \text{ (agua)}$$

$$T_{ag} = \text{temperatura del agua (}^\circ\text{K)}$$

$$T_c = \text{temperatura superficial de los cerramientos (}^\circ\text{K)}$$

$$Q_R = 5.67 \times 10^{-8} \times 0.95 \times (308^4 - 303^4)$$

$$Q_R = 30 \text{ W/m}^2$$

Area de cerramientos: 2m<sup>2</sup>

$$Q_R = 30 \times 2 = 60 \text{ W}$$

#### c. Pérdidas por convección.

$$Q_c = 0,6246 \times (T_{ag} - T_a)^{4/3} [ \text{W/ m}^2 ]$$

$$Q_v = 0.6244 \times (35 - 27)^{4/3}$$

$$Q_v = 10 \text{ W/m}^2$$

Area del vaso de la piscina: 5m<sup>2</sup>

$$Q_v = 10 \times 5 = 50 \text{ W.}$$

#### d. Pérdidas por Transmisión ( $Q_t$ )

$$Q_t = C_t \cdot S \cdot (T_{og} - T_{ox})$$

$$CT = 1.50 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$S = 10 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{ag}} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ax}} = 17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_t = (1.50 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) (10 \text{ m}^2) (35 - 17)$$

$$Q_t = 270 \text{ W}$$

#### e. Perdidas por renovación

$$Q_r = V_r \times D \times C_e \times (T_{\text{ag}} - T_x)$$

Donde:

$V_r$  = volumen de agua de renovación ( $\text{m}^3$ ) (5% volumen vaso)

$D$  = densidad del agua = 1000  $\text{kg/m}^3$

$C_e$  = calor específico del agua = 1,16 ( $\text{wh / kg } ^\circ\text{c}$ )

$T_{\text{ag}}$  = temperatura agua piscina (35  $^\circ\text{c}$ )

$T_x$  = temperatura agua red ( 17 $^\circ\text{c}$ )

$$Q_r = (5/100) \times (5) \times 1000 \times 1.16 \times (35 - 17)$$

$$Q_r = 5220 \text{ W-H}$$

#### 4.3.3 Perdidas por ventilación

$$Q_{\text{ren, aire}} = Q \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{\text{in}} - T_{\text{ext}}) \cdot N \quad (\text{W})$$

$Q$ : caudal de aire por persona, según tabla del anexo IDA2

(12.5  $\text{dm}^3/\text{s}$  persona Equivalente a 45  $\text{m}^3/\text{h}$  persona)

$N$ : número de personas.

$T_{\text{ext}}$ : Temperatura del exterior. 17  $^\circ\text{C}$  el día mas critico

$T_{\text{in}}$  : Temperatura interior 27 $^\circ\text{C}$

$\rho$ : densidad del aire : 1.2  $\text{Kg/m}^3$

Ce: Calor específico del aire 1010 J/Kg K°

$$Q_{ren, \text{aire}} = 45 \times 1.2 \times 1010 (27-17) \times 3/3600$$

$$Q_{ren, \text{aire}} = 454.5 \text{ W}$$

#### 4.3.4 Resumen de Pérdidas de Calor en el vaso de la piscina

Pérdida por evaporación	5291 W
Pérdida por radiación	60 W
Pérdida por convección	50 W
Pérdida por transmisión	<u>270 W</u>
Suma Total	5671 W = <b>5.671 KW</b>

#### 4.3.5 Potencia Necesaria para puesta a Régimen ( $Q_{pr}$ ) para 12 horas.

$$Q_{pr} = V \cdot D \cdot C_e \cdot (T_{ag} - T_x) / 12$$

$$V = 10 \text{ m}^3$$

$$D = 1000 \text{ Kg/ m}^3$$

$$C_e = 1.16 \text{ WH / Kg}^\circ \text{C}$$

$$T_{ag} = 37^\circ \text{C}$$

$$T_x = 17^\circ \text{C}$$

$$Q_{pr} = (5 \text{ m}^3) (1000 \text{ Kg/ m}^3) (1.16 \text{ WH/Kg}^\circ \text{C}) (35^\circ \text{C} - 17^\circ \text{C}) / 12 \text{ hr.}$$

$$Q_{pr} = 8700 \text{ W} = \mathbf{8.7 \text{ KW}}$$

Potencia por compensación ( $Q_{comp}$ ) de 2 °C durante la puesta en marcha

$$Q_{com} = 174 \text{ W}$$

$$Q_{pr} + Q_{com} = 8700 \text{ W} + 174 \text{ W} = 8874 = \mathbf{8.87 \text{ KW}}$$

### 4.3.6 Resumen de la demanda de energía para la climatización

Tabla 4.1: Resumen de demanda de energía

Demanda de energía	(kW)	Tiempo (Horas)	(kwh)	(MJ)
Por pérdidas de calor en el vaso de la piscina	5.671	8	45.37	163.33
Por pérdida de renovación de agua en la piscina			5.22	18.79
Por pérdida en la ventilación de aire	0.455	8	3.64	13.10
Total para mantener el agua a 35°C			54.23	195.22
Para puesta en marcha	8.87	12	104.4	375.84

## 4.4 Cálculo de la superficie de colectores

### 4.4.1 Demanda de la energía para mantener la temperatura del agua.

La demanda de la energía para el mantenimiento de la temperatura a 35°C de la piscina, se estimó por las pérdidas de calor en el vaso de la piscina, las pérdidas por renovación de agua y por ventilación, como se muestran en el cuadro de la tabla 4.1 con un valor de:



## 195 MJ por día

### 4.4.2 Determinación de la radiación global media diaria sobre superficie

#### Horizontal (h)

Se determinaron los valores medios por día [MJ/m<sup>2</sup>] sobre superficie horizontal, se utilizaron los valores de radiación del lugar en estudio, ver en el anexo 1, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.2: Irradiación media diaria

MES	IRRADIACION MEDIA DIARIA	
	KWh/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
ENERO	7.24	26.06
FEBRERO	7.32	26.35
MARZO	7.14	25.70
ABRIL	6.35	22.86
MAYO	4.94	17.78
JUNIO	3.40	12.24
JULIO	3.10	11.16
AGOSTO	3.49	12.56
SETIEMBRE	4.35	15.66
OCTUBRE	5.34	19.22
NOVIEMBRE	6.09	21.92
DICIEMBRE	6.83	24.59

Fuente: “NASA Surface Meteorology and Solar Energy”

### 4.4.3 Cálculo de la irradiancia

#### Se selecciona la inclinación y orientación de los colectores:

Los colectores se deben orientar hacia el norte geográfico, ya que en esa orientación se presentan los valores más altos de irradiancia. El ángulo de inclinación se determinó en función de la latitud geográfica y del periodo de

uso de la instalación solar térmica. Para nuestro caso la latitud es de 12°S, y tomaremos 15°

Para la aplicación del factor “K” “para superficies inclinadas se tomó de las tablas que corresponden al hemisferio norte pero usando, como enero al mes de julio, febrero al mes de agosto y así sucesivamente. Tomando los valores de “K” del anexo 2 con 12 ° de latitud y 15° de inclinación, obtuvimos lo siguiente.

Tabla 4.3: Irradiancia

MES	FACTOR K INCLINACION 15°	IRRADIANCIA	
		MEDIA DIARIA	
		SUPERFICIE HORIZONTAL	SUPERFICIE INCLINADA
		MJ/m2	MJ/m2
ENERO	0.92	26.06	23.98
FEBRERO	0.96	26.35	25.30
MARZO	1.01	25.70	25.96
ABRIL	1.05	22.86	24.00
MAYO	1.09	17.78	19.38
JUNIO	1.09	12.24	13.34
JULIO	1.07	11.16	11.94
AGOSTO	1.04	12.56	13.07
SETIEMBRE	1	15.66	15.66
OCTUBRE	0.96	19.22	18.46
NOVIEMBRE	0.92	21.92	20.17
DICIEMBRE	0.91	24.59	22.38

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.4.4 Cálculo de la intensidad útil en un día medio

La intensidad útil, son los valores de la irradiancia incidente sobre los colectores, se utilizaran para calcular el rendimiento de los colectores.

Se toman en cuenta los valores de las horas útil del sol en un día medio, se muestran en el anexo 3 para la latitud 12°S, y se construye la siguiente tabla.

Tabla 4.4: Intensidad útil diaria

MES	SUPERF A 15° MJ/m2	TIEMPO UTIL SOL HORAS	INTENSIDAD UTIL DIARIA W/m2
ENERO	23.98	8.75	761.23
FEBRERO	25.30	9.25	759.70
MARZO	25.96	9.5	759.09
ABRIL	24.00	9.25	720.81
MAYO	19.38	8.75	615.38
JUNIO	13.34	8.5	436.00
JULIO	11.94	8.75	379.09
AGOSTO	13.07	9.25	392.39
SETIEMBRE	15.66	9.5	457.89
OCTUBRE	18.46	9.25	554.21
NOVIEMBRE	20.17	8.75	640.32
DICIEMBRE	22.38	8.5	731.21

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.5 Cálculo del aporte solar

##### a. Determinación de la temperatura ambiente

Se estableció la temperatura ambiente media diaria para cada mes durante las horas de Sol, según se muestra en el anexo 4.

##### b. Cálculo del factor de conversión corregido del colector

###### Solar seleccionado ( $\eta$ )

###### Características principales del colector seleccionado:

SOLAMAX 30, se muestra en el anexo 4.

Superficie de absorción ( $m^2$ ):

3

N° tubos	30
Parámetros:	
a (W/m <sup>2</sup> K):	1.30
b W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ):	0.0082
Rendimiento óptico:	0.798

Se entiende por factor de conversión al porcentaje de la energía calórica del sol Que es utilizada para la piscina.

Según la ecuación anterior (II).

$$\cdot \left( \frac{f}{a} \right) \quad \text{—}$$

Donde:

$$a_1 = 1.30 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

$$a_2 = 0.008200 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

$$\eta = 0.798$$

I: intensidad útil diaria en W/m<sup>2</sup> (irradiancia)

Además utilizando las temperaturas de ambiente del anexo5.

Obtenemos la siguiente tabla.

Tabla 4.5: Factor de conversión solar corregido

MES	TEMP REQUERIDA	TEMP AMBIENTE	Treq-Tamb	PARAMETRO a	PARAMETRO b	RENDIMIEN TO OPTICO	INTENSIDAD UTIL DIARIA	RENDIMIENTO $\eta$	
	°C	°C	$\Delta T$	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>	$\eta_0$	W/m <sup>2</sup>		%
ENERO	35	23	12	1.3	0.0082	0.798	761.23	0.78	78
FEBRERO	35	24	11	1.3	0.0082	0.798	759.70	0.78	78
MARZO	35	24	11	1.3	0.0082	0.798	759.09	0.78	78
ABRIL	35	21.2	13.8	1.3	0.0082	0.798	720.81	0.77	77
MAYO	35	19.5	15.5	1.3	0.0082	0.798	615.38	0.76	76
JUNIO	35	18.5	16.5	1.3	0.0082	0.798	436.00	0.74	74
JULIO	35	17.5	17.5	1.3	0.0082	0.798	379.09	0.73	73
AGOSTO	35	17.5	17.5	1.3	0.0082	0.798	392.39	0.73	73
SETIEMBRE	35	17	18	1.3	0.0082	0.798	457.89	0.74	74
OCTUBRE	35	18.5	16.5	1.3	0.0082	0.798	554.21	0.76	76
NOVIEMBRE	35	19.5	15.5	1.3	0.0082	0.798	640.32	0.76	76
DICIEMBRE	35	21.5	13.5	1.3	0.0082	0.798	731.21	0.77	77

Fuente: Elaboración propia.

El aporte solar diario se muestra en la siguiente tabla, como la cantidad de MJ por m<sup>2</sup> que aporta el sol para calentar el fluido de los colectores, se obtiene según:

$$\text{APORTE SOLAR} = \eta \times \text{irradiancia (de la superficie inclinad )}$$

Tabla 4.6: Aporte solar

MES	SUPERF A 15°	RENDI $\eta$	APORTE SOLAR DIARIO
	MJ/m2	%	MJ/m2
ENERO	23.98	0.78	18.61
FEBRERO	25.30	0.78	19.68
MARZO	25.96	0.78	20.19
ABRIL	24.00	0.77	18.50
MAYO	19.38	0.76	14.77
JUNIO	13.34	0.74	9.92
JULIO	11.94	0.73	8.73
AGOSTO	13.07	0.73	9.59
SETIEMBRE	15.66	0.74	11.61
OCTUBRE	18.46	0.76	13.94
NOVIEMBRE	20.17	0.76	15.40
DICIEMBRE	22.38	0.77	17.27

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.6 Calculo de la superficie de captación y la cantidad de

##### Colectores.

##### a. Superficie colectora:

Se calculó mediante:

$$A_{\text{sup col}} = \text{Perdidas de calor en la piscina} / \text{Aporte solar}$$

##### b. Numero de colectores.

$$N^{\circ} \text{ colectores} = \text{Área superficie colectora} / \text{Área de un colector}$$

Se puede observar en la siguiente tabla la cantidad de superficie mínima necesaria de captación, para cubrir las necesidades de energía durante todo el año.

Tabla 4.7 Cantidad de colectores

MES	DEMANADA ENERGETICA DIARIA	APORTE SOLAR DIARIO	SUPERFICIE NECESARIA DE CAPTACION	SUPERFICIE UNITARIA COLECTOR	CANTIDAD NECESARIA DE COLECTORES	CANTIDAD ESCOGIDA DE COLECTORES
	MJ/DIA	MJ/m2	m2	m2	UNIDADES	UNIDADES
ENERO	195	18.61	10.48	3	3.49	3
FEBRERO	195	19.68	9.91	3	3.30	3
MARZO	195	20.19	9.66	3	3.22	3
ABRIL	195	18.50	10.54	3	3.51	4
MAYO	195	14.77	13.20	3	4.40	4
JUNIO	195	9.92	19.65	3	6.55	7
JULIO	195	8.73	22.33	3	7.44	7
AGOSTO	195	9.59	20.34	3	6.78	7
SETIEMBRE	195	11.61	16.80	3	5.60	6
OCTUBRE	195	13.94	13.99	3	4.66	5
NOVIEMBRE	195	15.40	12.66	3	4.22	4
DICIEMBRE	195	17.27	11.29	3	3.76	4

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.7 Distancia mínima entre colectores (D)

La instalación de captadores en filas paralelas puede causar la proyección de sombras sobre la superficie de captación, lo que originara una pérdida de rendimiento de la instalación. Para evitar que una fila de captadores haga sombra a la siguiente, aunque sea parcialmente, las filas de captadores deberán separarse una de otra suficientemente.

La separación entre captadores deberá ser tal que, al medio día solar del día que tenga la altura solar más pequeña de todo el periodo de utilización (día más desfavorable), la sombra proyectada no alcance el inicio de ninguna fila de captadores.

Puede calcularse de forma aproximada la distancia de separación entre filas utilizando la siguiente expresión:

\_\_\_\_\_

Donde:

$h$  : la altura del captador

$d_1$  : es la distancia entre filas comprendida entre la proyección horizontal del punto más elevado del captador y el inicio de la fila siguiente .(fig. 4.1).

$d$  : Distancia mínima ( $d= d_1+d_2$ )

$\beta$ : Angulo de inclinación del captador

$L$ : Longitud del captador

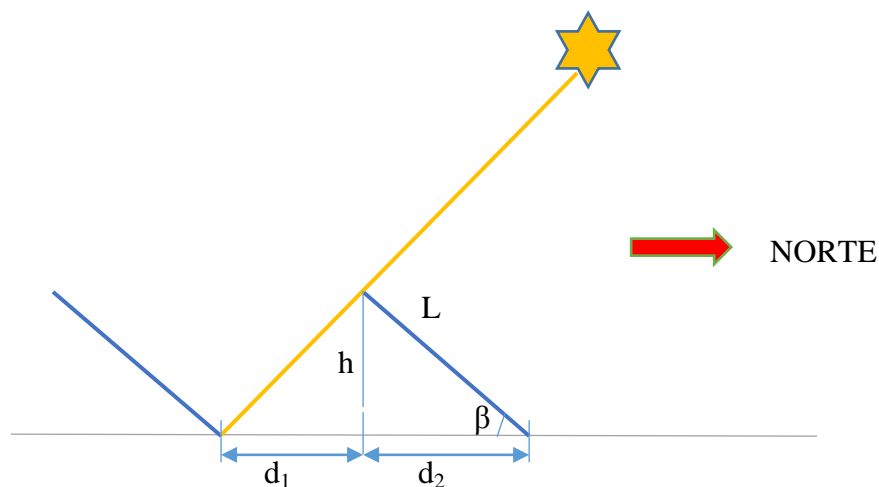


Fig. 4.1: Distancia mínima

Fuente : Pedro Rufes Martínez "Energía Solar Térmica"



**Distancia mínima (d)**

$L = 2.2\text{m}; \beta = 12^\circ$

**d = 2.55m**

## CAPITULO 5

### DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

#### 5.1 Calentamiento directo

Calentamiento directo en el que se utiliza la bomba del circuito de depuración para la circulación del agua por el primario del circuito solar. Hay que cerciorarse de que esta bomba tiene la suficiente potencia para suministrar el caudal mínimo necesario, de acuerdo con los datos de pérdida de carga e instrucciones del fabricante de los captadores.

En estas instalaciones los caudales deben ser de 150-300 l/h.

En cuanto a la ubicación de los elementos, será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores, y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores para evitar que la resistencia de este una sobrepresión perjudicial para los captadores.

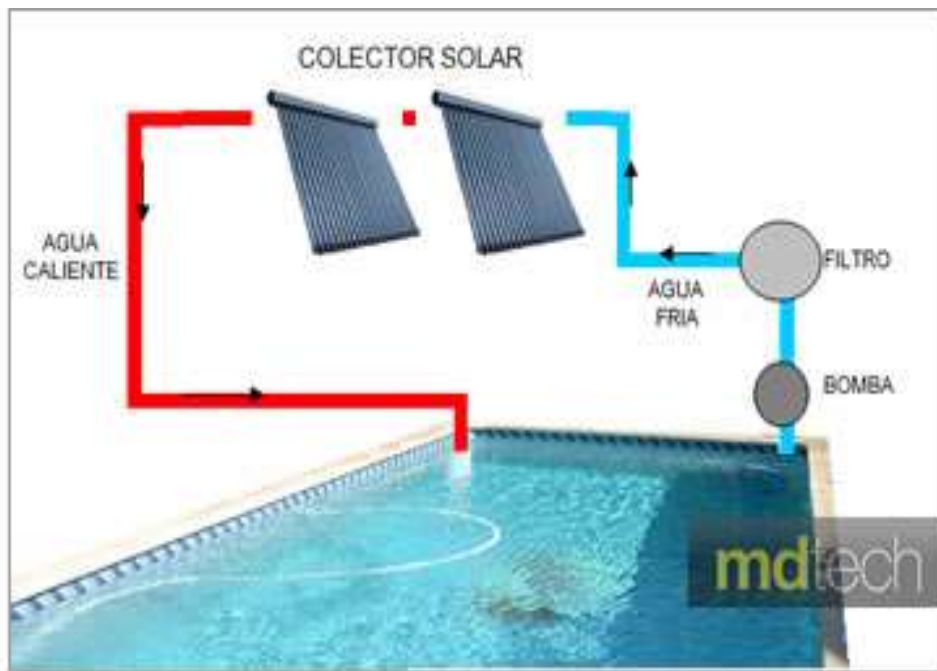


Fig. 5.1: Calentamiento directo.

Bureau Veritas F. "Energía Solar Térmica"

## **5.2 Subsistemas de la instalación**

- a. Subsistema de captación.
- b. Subsistema hidráulico.
- c. Subsistema de almacenamiento.
- d. Subsistema Auxiliar.
- e. Subsistema de control.

### **5.2.1 Subsistema de captación**

Conjunto de colectores solares y su interconexión hidráulica, siendo el colector el componente activo de todo el sistema de calentamiento solar para piscinas.

El colector solar tiene la función de absorber la radiación solar incidente, transformarla en energía térmica y transferirla al agua de la piscina en el momento en que pasa por el colector solar. Durante este proceso naturalmente ocurre pérdidas de energía, cuya intensidad varía en función del tipo de proyecto constructivo, características y aplicación de cada colector solar.

#### **Montaje de colectores**

Ya sea entre colectores individualmente o entre grupos de colectores (baterías de colectores) estos se pueden conectar de dos maneras, conexión en serie o conexión en paralelo.

- **Montaje en paralelo**

En la conexión en paralelo el caudal se reparte simultáneamente entre diferentes baterías de captadores, de manera que se es capaz de calentar simultáneamente un elevado volumen de fluido calo portador aunque la temperatura moderada.

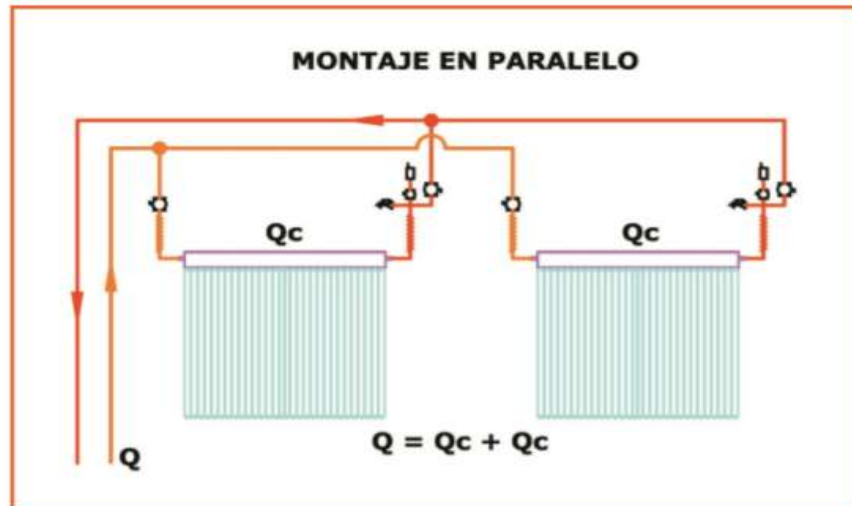


Fig. : 5.3: Colectores en paralelo

Fuente: THEROMAX

“Manual Técnico de Colectores de Tubos de Vacío”

- **Montaje en serie**

Con la conexión en serie de captadores, el caudal que entra en un colector es el mismo que el que entra en el siguiente, de manera que el fluido se calienta progresivamente tras su paso por los distintos colectores. Por tanto, se consigue calentar un volumen moderado a una alta temperatura

El número de colectores conectados en serie se ve limitado por varios factores:

- El sobrecalentamiento que puede llegar a producirse en el sistema si se coloca un exceso de colectores en serie.
- La pérdida progresiva de rendimiento en una batería de colectores al serles introducido fluido cada vez más caliente.
- El aumento de la pérdida de carga en la batería al tener que pasar sucesivamente por cada colector.

Teniendo en cuenta estos factores, el número máximo de colectores conectados en serie siempre será de 90 tubos, tanto para el modelo de 20 como de 30 tubos.

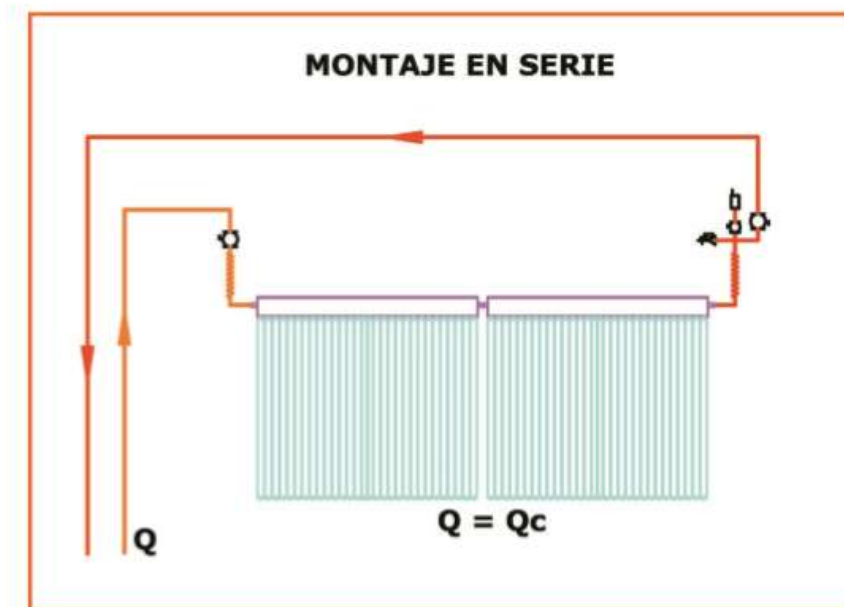


Fig. 5.4: Colectores en serie.

Fuente: THEROMAX

“Manual Técnico de Colectores de Tubos de Vacío

## 5.2.2 Subsistema hidráulico

Es el medio de interconexión entre los colectores solares y la piscina en este tipo de sistema, la bomba hidráulica alimenta el sistema de filtrado y de calentamiento solar al mismo tiempo.

- **Consideraciones en el Calculo de tuberías y pérdidas de carga**

El dimensionado de las tuberías empieza fijando un diametro para un determinado de circuito . A partir del caudal y del area de paso, se calcula la velocidad de fluido utilizando la ecuacion de continuidad.

$$c = 0.345 V / D^2$$

c : es la velocidad del fluido (m/s)

V : el caudal (l/h)

D : El diametro interior de la tubería (mm)

Y para la pérdida de carga .(H)

$$H = 378 V^{1.75}/D^{4.75} \quad (\text{mm.c.a./m})$$

Es recomendable que la velocidad este comprendida entre 0.4 y 1 m/s .No debe rebasar ciertos niveles (1.5m/s) para evitar ruido .Una vez fijado el diametro , se calcula la pérdida de carga unitaria y se compruebe que no supere los 40 mm.c.a./m.Se utiliza el mismo procedimiento para todos los tramos delcircuito.Ademas se adiciona las perdida de carga por diferentes accesorios que se utiliza (Valvulas ,codos ,T,etc.)

A partir del caudal y la perdida de carga se selecciona la bomba .la perdida de carga es la resistencia que debera vencer la bomba.

- **Materiales de las tuberias**

Pueden utilizarse tuberias de cobre y de acero inoxidable.Tambien pueden utilizarse tuberias de plasticos ,siempre que soporten la temperatura maxima del circuito.

Las tuberias de PVC resisten proximo a 40°C sin sufrir deformaciones , es atoxico ,es resistente a la interperie y a los agentes quimicos del agua.

Es el tipo de tuberia mas utilizado en instalaciones de calentamiento solar de piscinas.Debido al reango de temperaturas de operación no hay nercesidad de aislamiento termico.

En las tuberias de PVC la velocidad maxima del fluido es de 2.5m/s, velocidades mayores generan serios problemas de vibracion.

Se puede observar en la tabla del anexo.

- **Bombas de circulacion**

La bomba de circulación es el elemento de la instalación solar térmica encargado de hacer circular el fluido a través del circuito hidráulico de una instalación.

Debido a las altas temperaturas que se pueden alcanzar en una instalación solar, siempre que sea posible, las bombas se montarán en las zonas más frías del circuito (tubería de retorno a captadores en el circuito primario), teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

- **Sistema de purga de aire**

Si junto con el fluido calo-portador interior de los circuitos existe aire, se pueden reducir las características termo-conductoras de los mismos y si aquel no se elimina se puede ir acumulando en los puntos altos de los circuitos y reducir o incluso anular el caudal de circulación. Por lo tanto, en todos los puntos altos de la instalación en los que se pueda almacenar el aire, como por ejemplo en la parte superior de los captadores, tendremos que poner un sistema de extracción de aire.

- **Valvulas**

Se instalarán las válvulas de corte necesarias para poder realizar operaciones de mantenimiento sin tener que realizar el vaciado completo de la instalación.

Para ello, las válvulas de corte se instalarán en:

- A la entrada y salida de cada batería del campo de captadores.
- A las entradas y salidas de los acumuladores, intercambiadores y bombas.
- A la entrada y salida del circuito de distribución de agua fría y caliente.
- A la entrada y salida de la instalación solar para poder aislarla del sistema de apoyo.

Se instalará una válvula de seguridad por fila de captadores en el circuito primario.

Se instalarán válvulas de retención a fin de evitar efectos termosifónicos perjudiciales (pérdidas energéticas durante la noche) en:

- La acometida de agua fría para evitar circulaciones naturales indeseadas.
- En cada una de las bombas.

Se instalarán válvulas de vaciado en los puntos más bajos de las tuberías de drenaje.

Válvulas de tres vias conducen el fluido en el sistema y serán reguladas por un servomotor y control del tipo todo nada.

### **5.2.3 Subsistema de almacenamiento**

De la misma forma que en el calentamiento de ACS, formado por colectores solares y tanque de almacenamiento, el sistema de calentamiento solar de piscinas presenta su tanque representado por el vaso de la piscina.

Actualmente es posible encontrar piscinas de diferentes formas y materiales ; siendo los mas tradicionales la albañileria y la fibra de vidrio.

#### **5.2.4 Subsistema auxiliar**

En una instalacion de energia solar termica es imprescindible disponer de un sistema de energia auxiliar ,ya que el sol no puede satisfacer por completo la demanda energetica a lo largo del año .El sistema auxiliar entrara en funcionamiento unicamente cuando sea estrictamente necesario , siendo siempre prioritaria la aportacion solar.

La implantacion de un sistema auxiliar de calentamiento auxiliar es necesario cuando el mantenimiento de la temperatura del agua constante es indispensable, como el caso de las piscinas de tratamiento médico (Hidroterapia).

##### **Sistemas de calentamiento auxiliar**

- **Calentadores de paso**

Cuando se utilizan como apoyo al calentamiento solar de piscinas ,se conectan en serie al sistema. Usan como de energia ; GLP, GN, o electrico.

- **Bombas de calor**

Es un equipo electrico de alta eficiencia termica con un consumo reducido de energia.La bomba de calor se interconecta en serie al sistema y se instala en la tuberia de retorno a la piscina .

En la figura se muestra la forma como van instalados los sistemas auxiliares.

Para nuestro proyecto se utilizara u calentador a gas natural

#### **5.2.5 Subsistema de control**

Las instalaciones de energia solar requieren un sistema de control para que su funcionamiento sea el adecuado, tal como ocurre con otras instalaciones . El sistema de control gobierna una serie de elementos (bombas, valvulas, etc.) a partir de la formacion transmitida por unos sensores que miden determinados parametros (temperatura, caudales, etc.). Dicha informacion es comparada con unos valores de consigna prefijados correspondientes a un funcionamiento optimo del sistema.



- **Controlador diferencial de temperatura**

Funciona con dos sensores de temperatura ,uno de los sensores se instala en los colectores y el otro en la tubería proveniente de la rejilla del fondo de la piscina, próximo a la bomba. A través de la diferencia de temperaturas el control diferencial ,administra el funcionamiento de la bomba hidráulica, que realiza o no la circulación del agua en los colectores. Además el controlador diferencial ofrece al usuario el ajuste de la temperatura de calentamiento deseado en la piscina, interrumpiendo el funcionamiento del sistema cuando se alcanza esa temperatura.

- **Programación diferencial recomendado**

Diferencial de temperatura entre colectores solares y piscinas para activar la bomba hidráulica de circulación: de 4°C a 3.5°C.

Diferencial de temperatura entre colectores solares y piscina para desactivar la bomba de circulación: de 2°C a 1.5 °C.

## **5.2.6 Características principales del proyecto**

### **Características de la piscina**

- Forma rectangular, la mitad de la altura de la piscina ,esta sobre el piso del ambiente.
- Material de concreto con estructura de fierro
- Aislamiento térmico todo el vaso de la piscina con poliestireno expandido (tecnopor de alta densidad ).
- Una cubierta térmica o llamada manta térmica.



Figura 5.5: Piscina del Proyecto

Fuente: Asociación para la Rehabilitación Infantil Reino de Dios (ARIRED)

## Bomba hidráulica

Cuando nos referimos a una bomba para piscina, estamos hablando de un tipo concreto de bomba, cuya característica diferencial respecto al resto de bombas centrífugas es que incorpora un pre filtro antes de la entrada del agua a las turbinas para separar los elementos en suspensión de mayor tamaño que puedan llegar a ellas.

Este pre filtro incorpora una tapa que hace posible extraer el cesto donde quedan retenidas las partículas con un tamaño demasiado grande para circular a través de las turbinas.

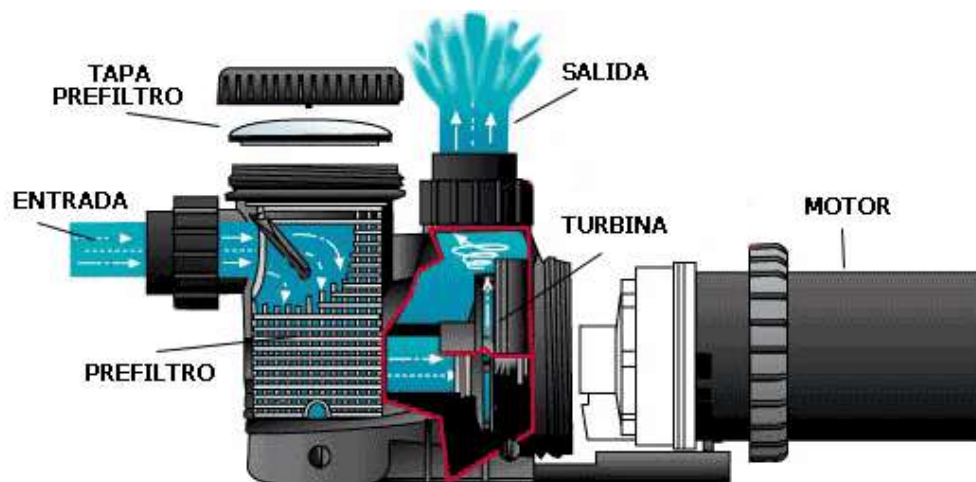


Fig. 5.5: Bomba para piscina

Fuente: Juan de Cusa Ramos "Piscinas"

Para nuestro proyecto se utilizara una bomba:  
Hayward Bomba Max-Flo (1 Hp), como se muestra en el anexo 6.



Figura 5.6: Bomba y Filtro de la Piscina del Proyecto

Fuente: Asociación para la Rehabilitación Infantil Reino de Dios (ARIRED)

## Colectores

Los colectores seleccionados son de la marca **THEMOMAX MODELO MAZDON 30**. (Anexo 4)

Siete unidades de colectores de tubo de vacío ,“tubo caliente” (Heat pipe), distribuidos de la siguiente forma.

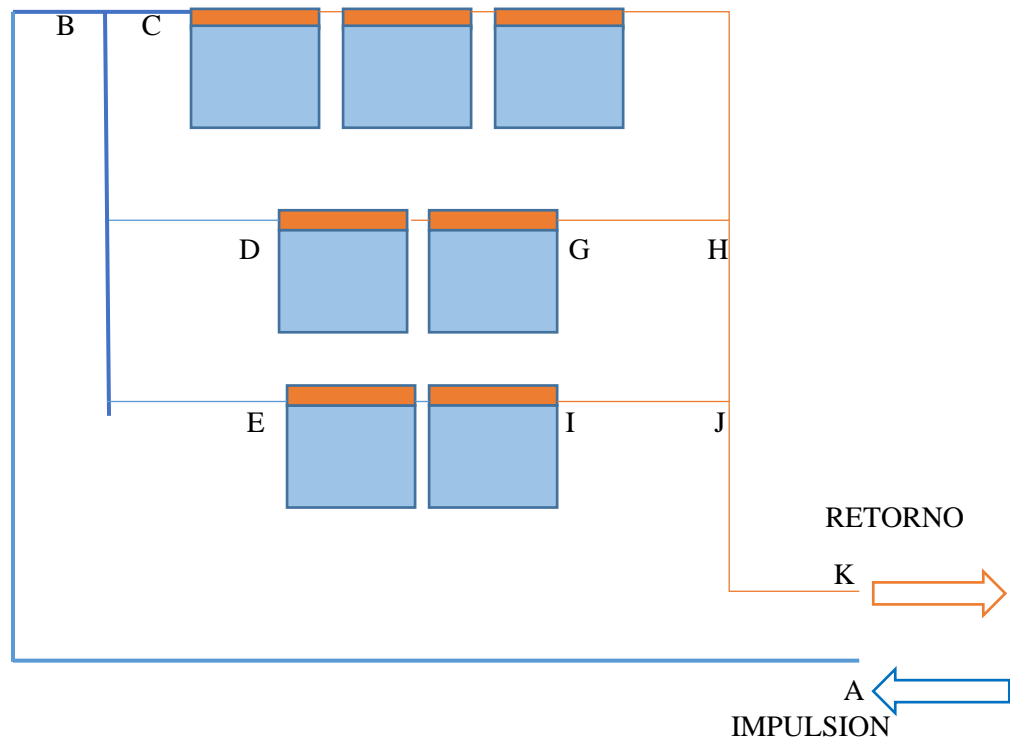


Fig. : 5.5 Distribución de colectores del proyecto piscina

Fuente: elaboración propia.

## Calentador auxiliar

Se utilizara un calentador a gas

Minimax 100 marca Pentair de 100000 BTU /Hr

Como se muestra en el anexo 7

Esquema de la instalación solar térmica del proyecto  
Con colectores de tubos de vacío (heat pipe)

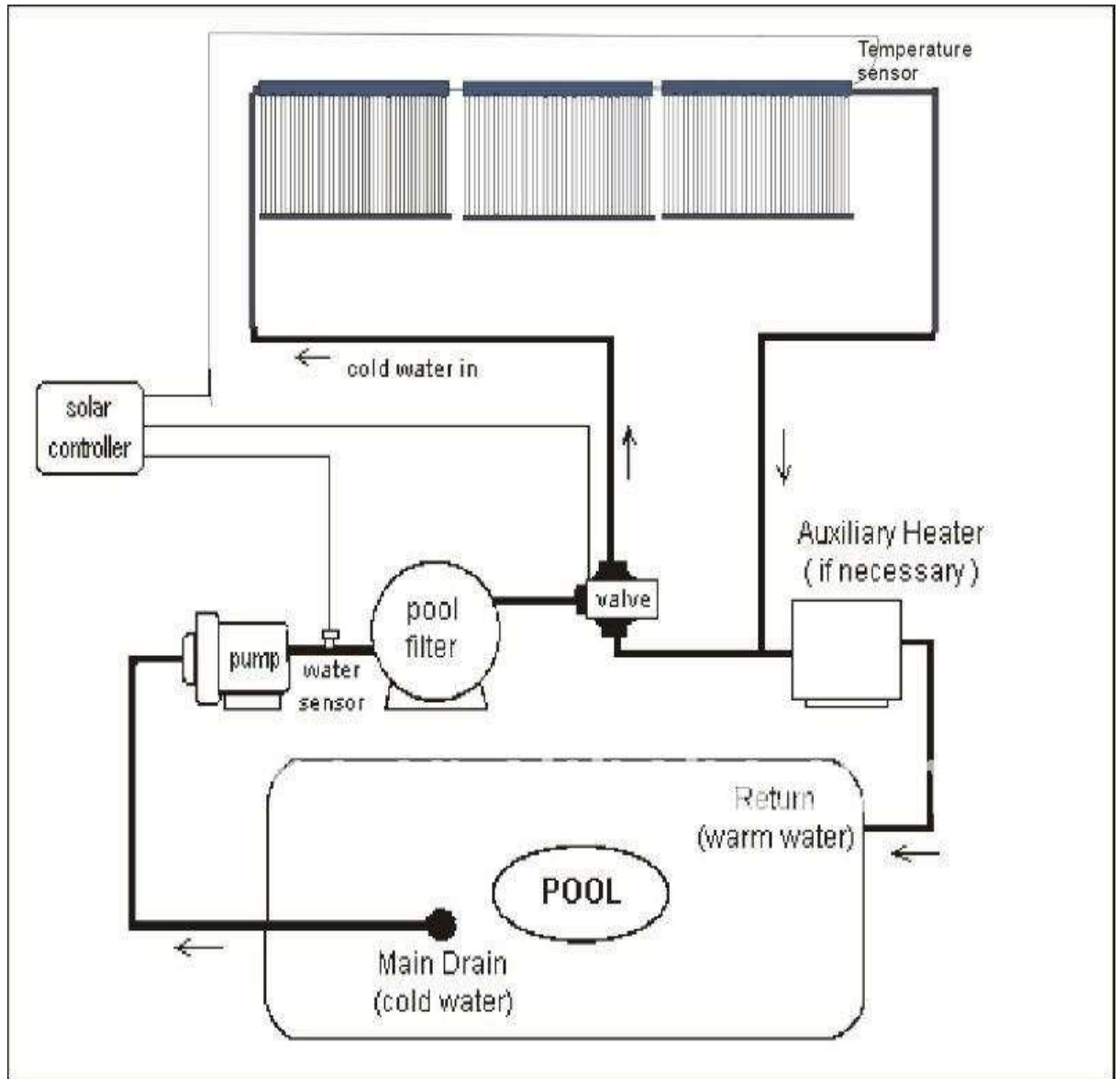


Fig. 5.8 : Esquema del Sistema Solar Termico para la piscina del proyecto.

Fuente: Arq. Andres E. Cabrera ,Ing. Pablo Franco ,Ing. Carlos Da Cunha Faria  
“ Manual de Energia solar Termica e Instalaciones Asociadas”

## CONCLUSIONES

1. La forma más adecuada de sistemas de calentamiento solar para piscinas, es básicamente seleccionar una área recolectora con potencia capaz de producir energía suficiente para diariamente, reponer las pérdidas térmicas de la piscina caliente.
2. La implementación de un sistema de calentamiento auxiliar es necesario, cuando el mantenimiento de la temperatura del agua constante es indispensable, como es el caso de piscinas de tratamiento médico (Hidroterapia).
3. Las piscinas cubiertas son muy favorables para el calentamiento solar porque se minimiza las pérdidas por evaporación, así mismo se ayuda con el uso de una manta térmica.
4. Es importante observar que con la cantidad de colectores en épocas más frías el año (7 colectores), utilizadas en época de verano estarían duplicando el aporte de energía siendo perjudicial y no rentable para la instalación.
5. Por lo dicho anterior es importante tener una normativa de contribución mínima y máxima de aporte solar según el lugar.
6. Las estaciones de primavera y verano (6-7 meses) son muy factibles y rentables para aprovechar la energía solar térmica en la costa norte de Lima y en invierno y épocas frías aprovechar complementariamente el uso de gas natural que actualmente se están instalando en toda la población (como Norte de Lima).

## GLOSARIO

- **Espectro solar.** Distribución espectral (en función de la longitud de onda o de la frecuencia) de la radiación electromagnética emitida por el sol.
- **Irradiación.** Energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por la integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo determinado, normalmente una hora o un día. Se expresa en  $\text{MJ/m}^2$  para el intervalo de tiempo especificado.
- **Irradiancia.** Potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en  $\text{W/m}^2$ .
- **Radiación solar difusa.** Es la que sufre cambios en la dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmosfera.
- **Radiación directa.** Es la recibida desde el sol sin que se desvíe en su paso por la atmosfera.
- **Radiación Solar Global media diaria anual.** Es la energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global) ,tomando el valor anual como suma de valores medios diarios
- **Latitud.** Angulo que forma la normal del punto geográfico y el plano del ecuador.
- **Longitud.** Distancia de un lugar respecto al primer meridiano de referencia.
- **Piranómetro.** Es un instrumento metereológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar, incidente sobre la superficie de la tierra.



## BIBLIOGRAFIA

1. Pedro Rufes Martinez , “Energia Solar Termica” , Tecnicas para su Aprovechamiento, 2010 Barcelona , España.
2. Bureau Veritas Formacion ,Javier Maria Mendez Muñiz, Rafael Cuervo Garcia, “ Energia Solar Termica” 2da.Edicion 2009 Madrid ,España.
3. Tomas Perales Benito, “Instalaciones de Paneles Solares Termicos” 3ra.Edicion 2010 Mexico
4. IDAE (Instituto para la Diversificacion y ahorro de Energia) “Instalaciones de Energia Solar Termica”,Pliego de Condiciones Tecnicas de Instalaciones de Baja Temperatura,2da. Edicion 2009 España
5. Lluís Jutglar, “Energia Solar”, Ediciones Ceac,2004 Barcelona ,España
6. Carrier, “Manual de Aire Acondicionado”,209 Barcelona España.
7. Mauricio Schnaidt Hagedorn,Tesis: “Evaluacion de la Rentabilidad en un Sistema Solar Termico” ,Universidad de Chile ,Facultad de Ciencias Agronomicas, 2010 Santiago de Chile. [repositorio.uchile.cl/handle/2250/112381](http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112381)
8. Arq.Andres E. Cabrera ,Ing. Pablo Franco ,Ing. Carlos Da Cunha Faria “ Manual de Energia solar Termica e Instalaciones Asociadas”, Facultad de Arquitectura de la Universidad ORT de Uruguay 2009.  
[www.dne.gub.uy/...energetica/-/.../manual-de-energia-solar-termica-e-ins](http://www.dne.gub.uy/...energetica/-/.../manual-de-energia-solar-termica-e-ins).
9. Jaime Sureda Bonnín, “Energías Renovables: La Energía Solar Térmica”  
[www.tecnicosconsultores.com/energia\\_solar](http://www.tecnicosconsultores.com/energia_solar).
10. Juan C. Martinez Escribano,Pablo Franco Noceto,Rodrigo Alonso Suarez “Manual Tecnico de Energia Solar Termica” , Facultad de Ingenieria Universidad de la Republica de Uruguay ,2013.  
[www.eleche.com.uy/media2/design](http://www.eleche.com.uy/media2/design)
11. Salvador Escoda S.A. ,”Manual Tecnico de Energia Solar Termica”  
[www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Manual\\_Energia\\_Solar](http://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Manual_Energia_Solar)
12. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE)  
Instrucción Técnica: Exigencia de Calidad del aire interior IT 1.1.1.2.3  
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/>
13. Instrucción Tecnica Complementaria (ITE)  
Acondicionamiento de piscinas ITE 10.2  
[www.coac.net/mediambient/documentacio/pdf/rite.pdf](http://www.coac.net/mediambient/documentacio/pdf/rite.pdf)

14. R Mejjide Failde, JL Rdguez-Villamil Fdez y J Teijeiro Vidal  
“Técnicas Hidroterapicas “  
<http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/tecnicashidroterapicas.pdf>
15. THERMOMAX ,”Manual Técnico: Colectores de tubo de vacío”  
[www.creyrsa.es/catalogos/00093/m.tecnico\\_df100\\_hp200.pdf](http://www.creyrsa.es/catalogos/00093/m.tecnico_df100_hp200.pdf)
16. Compañía Industrial de Aplicaciones Térmicas S.A. (CIATESA)  
“Climatización de piscinas cubiertas”  
[www.boscoluz.com/pdfs/clima01](http://www.boscoluz.com/pdfs/clima01).
17. Monografías.com “Componentes de la Radiación Solar terrestre total”
18. NASA Surface Meteorology and Solar Energy  
<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen>.
19. WSE Technologies “Solar swimming pool heaters”  
<http://www.wsetech.com/poolheaters-install.php>
20. Albercas GPA <http://www.gpa.com.mx/control-solar>
21. Juan de Cusa Ramos, “Piscinas “ ediciones Ceac. S.A. 1998  
Barcelona España.
22. “Soluciones Solares”, <http://solucionessolares.blogspot.com>
23. Ministerio de Energía y Minas”, Propuesta de Política Energética de Estado  
Perú 2010-2040”, <http://www.ipen.gob.pe/site/publicaciones>
24. Master-D “Energía Solar Y Eólica: Dimensionado de una Instalación de  
Energía Solar Térmica”, <https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

[SSE Homepage](#)   
 [Find A Different Location](#)   
 [Accuracy](#)   
 [Methodology](#)   
 [Parameters \(Units & Definition\)](#)



### NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data

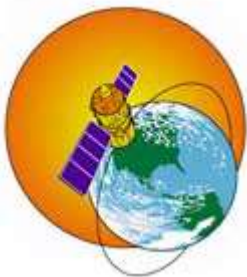


**Latitude -11.94 / Longitude -77.08** was chosen.

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	-11.94
Longitude	°E	-77.08
Elevation	m	1058
Heating design temperature	°C	15.09
Cooling design temperature	°C	24.30
Earth temperature amplitude	°C	8.39
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature °C	Relative humidity %	Daily solar radiation - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days °C-d	Cooling degree-days °C-d
January	19.4	79.5%	7.14	89.6	3.4	22.6	3	293
February	20.1	78.8%	7.15	89.6	3.3	22.8	1	287
March	20.4	75.8%	7.04	89.5	3.2	23.1	0	326
April	20.8	66.9%	6.33	89.5	3.4	23.2	0	326
May	20.6	57.8%	4.93	89.5	4.0	22.3	0	338
June	20.2	52.4%	3.39	89.6	4.7	21.2	0	318
July	20.0	49.1%	3.24	89.6	4.7	20.9	0	323
August	20.1	48.3%	3.58	89.6	4.6	21.5	1	323
September	20.0	51.8%	4.32	89.6	4.4	22.6	1	307

er								
October	19.6	57.2%	5.29	89.6	3.9	23.4	3	300
November	19.1	64.0%	6.01	89.5	3.7	23.6	8	273
December	19.2	72.1%	6.80	89.6	3.6	23.3	5	289
<b>Annual</b>	<b>20.0</b>	<b>62.8%</b>	<b>5.43</b>	<b>89.6</b>	<b>3.9</b>	<b>22.5</b>	<b>22</b>	<b>3703</b>
Measured at (m)					10.0	0.0		



[Back to SSE Data Set Home Page](#)

Responsible > Data: Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D.  
 Officials > Archive: John M. Kusterer  
 Site Administration/Help: NASA Langley [ASDC](#) User Services ([Contact Us](#))  
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)  
 Document generated on Wed Jun 3 14:36:14 EDT 2015

## ANEXO 2

### FACTOR “k” PARA SUPERFICIE INCLINADA

Latitud = 10°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.03	1.02	1.01	.99	.98	.98	.98	.99	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.05	1.04	1.01	.98	.95	.94	.95	.98	1.01	1.04	1.06	1.07
15	1.07	1.04	1	.96	.92	.91	.92	.96	1.01	1.05	1.09	1.09
20	1.08	1.04	.99	.94	.88	.86	.88	.93	.99	1.06	1.1	1.11
25	1.09	1.04	.97	.9	.84	.81	.83	.89	.98	1.06	1.11	1.11
30	1.08	1.03	.95	.87	.79	.76	.78	.85	.95	1.05	1.11	1.12
35	1.08	1.01	.92	.82	.73	.7	.73	.81	.92	1.03	1.1	1.11
40	1.06	.99	.88	.77	.67	.63	.66	.76	.88	1	1.09	1.1
45	1.04	.95	.84	.72	.61	.56	.6	.7	.84	.97	1.07	1.08
50	1.01	.92	.79	.66	.54	.49	.53	.64	.79	.94	1.04	1.06
55	.97	.88	.74	.6	.46	.41	.45	.57	.73	.89	1	1.02
60	.93	.83	.68	.53	.39	.34	.38	.5	.67	.84	.96	.99
65	.89	.78	.62	.46	.31	.26	.3	.43	.61	.79	.91	.94
70	.83	.72	.55	.39	.23	.17	.22	.35	.54	.73	.86	.89
75	.78	.66	.49	.31	.15	.11	.14	.28	.47	.66	.8	.84
80	.72	.59	.41	.24	.11	.1	.09	.2	.39	.59	.74	.77
85	.65	.52	.34	.16	.1	.09	.09	.12	.32	.52	.67	.71
90	.58	.45	.27	.11	.09	.08	.08	.08	.24	.44	.6	.64

Latitud = 11°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.03	1.02	1.01	.99	.98	.98	.98	.99	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.06	1.04	1.01	.98	.96	.95	.96	.98	1.01	1.05	1.07	1.07
15	1.08	1.05	1.01	.96	.93	.91	.92	.96	1.01	1.06	1.09	1.09
20	1.09	1.05	1	.94	.89	.87	.89	.93	1	1.06	1.11	1.11
25	1.09	1.05	.98	.9	.84	.82	.84	.9	.98	1.06	1.11	1.12
30	1.09	1.03	.95	.87	.8	.77	.79	.86	.96	1.05	1.12	1.12
35	1.08	1.02	.92	.82	.74	.71	.73	.82	.93	1.04	1.11	1.12
40	1.07	.99	.89	.77	.68	.64	.67	.77	.89	1.01	1.1	1.11
45	1.05	.96	.85	.72	.62	.57	.61	.71	.85	.98	1.08	1.09
50	1.02	.93	.8	.66	.55	.5	.54	.65	.8	.95	1.05	1.07
55	.98	.89	.75	.6	.48	.43	.47	.58	.74	.9	1.01	1.04
60	.94	.84	.69	.53	.4	.35	.39	.51	.68	.86	.97	1
65	.9	.79	.63	.46	.33	.27	.31	.44	.62	.8	.93	.95
70	.85	.73	.57	.39	.25	.19	.23	.37	.55	.74	.87	.91
75	.79	.67	.5	.31	.17	.11	.15	.29	.48	.68	.82	.85
80	.73	.61	.43	.24	.11	.1	.09	.21	.41	.61	.75	.79
85	.67	.54	.35	.16	.1	.09	.09	.13	.33	.54	.69	.73
90	.6	.47	.28	.11	.09	.08	.08	.08	.25	.46	.61	.66

Latitud = 12°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.03	1.02	1.01	1	.98	.98	.98	1	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.06	1.04	1.01	.98	.96	.95	.96	.98	1.02	1.05	1.07	1.07
15	1.08	1.05	1.01	.97	.93	.92	.93	.96	1.01	1.06	1.09	1.1
20	1.09	1.05	1	.94	.89	.87	.89	.94	1	1.07	1.11	1.12
25	1.1	1.05	.98	.91	.85	.83	.85	.91	.99	1.07	1.12	1.13
30	1.1	1.04	.96	.87	.8	.77	.8	.87	.96	1.06	1.12	1.13
35	1.09	1.02	.93	.83	.75	.72	.74	.82	.94	1.05	1.12	1.13
40	1.08	1	.9	.78	.69	.65	.68	.77	.9	1.02	1.11	1.12
45	1.06	.97	.86	.73	.63	.58	.62	.72	.86	.99	1.09	1.1
50	1.03	.94	.81	.67	.56	.51	.55	.66	.81	.96	1.06	1.08
55	1	.9	.76	.61	.49	.44	.48	.6	.76	.92	1.03	1.05
60	.96	.85	.7	.54	.41	.36	.4	.53	.7	.87	.99	1.01
65	.91	.8	.64	.47	.34	.28	.33	.46	.63	.82	.94	.97
70	.86	.74	.58	.4	.26	.2	.25	.38	.57	.76	.89	.92
75	.81	.68	.51	.33	.18	.12	.17	.3	.5	.69	.83	.87
80	.74	.62	.44	.25	.11	.1	.09	.23	.42	.62	.77	.81
85	.68	.55	.37	.17	.1	.09	.09	.15	.35	.55	.7	.74
90	.61	.48	.29	.11	.09	.08	.08	.08	.27	.48	.63	.67

Latitud = 13°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.03	1.02	1.01	1	.98	.98	.98	1	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.06	1.04	1.02	.99	.96	.95	.96	.99	1.02	1.05	1.07	1.07
15	1.08	1.05	1.01	.97	.93	.92	.93	.97	1.02	1.07	1.1	1.1
20	1.1	1.06	1	.95	.9	.88	.9	.94	1.01	1.07	1.12	1.12
25	1.1	1.06	.99	.92	.86	.83	.85	.91	.99	1.08	1.13	1.13
30	1.1	1.05	.97	.88	.81	.78	.81	.88	.97	1.07	1.13	1.14
35	1.1	1.03	.94	.84	.76	.72	.75	.83	.94	1.05	1.13	1.14
40	1.09	1.01	.91	.79	.7	.66	.69	.78	.91	1.03	1.12	1.13
45	1.07	.98	.87	.74	.64	.6	.63	.73	.87	1.01	1.1	1.11
50	1.04	.95	.82	.68	.57	.53	.56	.67	.82	.97	1.07	1.09
55	1.01	.91	.77	.62	.5	.45	.49	.61	.77	.93	1.04	1.06
60	.97	.86	.71	.55	.43	.38	.42	.54	.71	.88	1	1.03
65	.92	.81	.65	.48	.35	.3	.34	.47	.65	.83	.96	.98
70	.87	.76	.59	.41	.27	.22	.26	.39	.58	.77	.91	.94
75	.82	.7	.52	.34	.19	.14	.18	.32	.51	.781	.85	.88
80	.76	.63	.45	.26	.11	.1	.1	.24	.44	.64	.79	.82
85	.7	.56	.38	.19	.1	.09	.09	.16	.36	.57	.72	.76
90	.63	.49	.31	.11	.09	.08	.08	.08	.28	.49	.65	.69

### ANEXO 3

#### Dimensionado de una instalacion de Energia Solar Termica.

##### Determinación de las Horas Útiles de Sol en un Día Medio Cada Mes.

<b>. Mes</b>		<b>N° horas útiles de sol en un día medio de cada mes latitud -25° a -45°</b>	<b>N° horas útiles de sol en un día medio de cada mes latitud 25° a -25°</b>
<b>1</b>	Enero	9,5	8,75
<b>2</b>	Febrero	9,5	9,25
<b>3</b>	Marzo	9,0	9,50
<b>4</b>	Abril	9,0	9,25
<b>5</b>	Mayo	8,0	8,75
<b>6</b>	Junio	7,5	8,50
<b>7</b>	Julio	8,0	8,75
<b>8</b>	Agosto	9,0	9,25
<b>9</b>	Septiembre	9,0	9,50
<b>10</b>	Octubre	9,5	9,25
<b>11</b>	Noviembre	9,5	8,75
<b>12</b>	Diciembre	9,5	8,50



## ANEXO 4

### Datos técnicos MAZDON

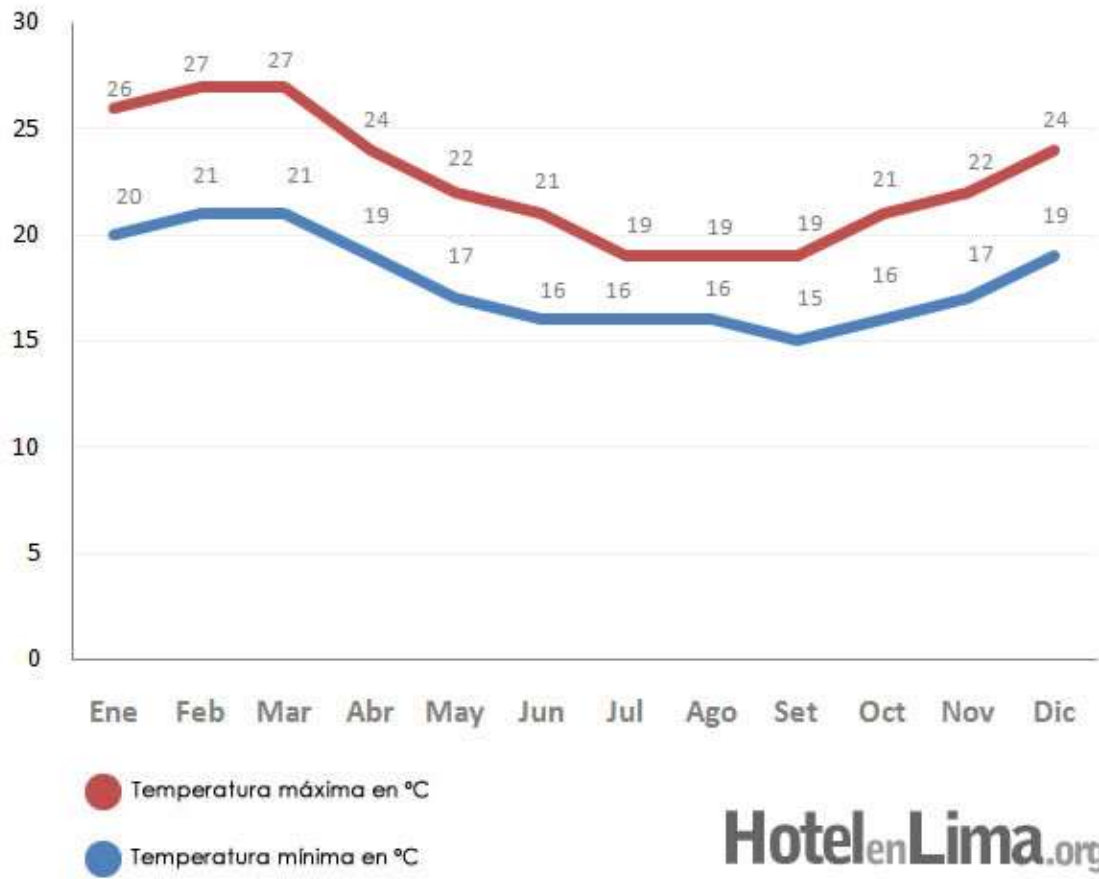
		MAZDON 20	MAZDON 30	
Dimensiones	Total (lxbxh) (mm)	2.040 x 1.500 x 160	2.040 x 2.210 x 160	
	Superficie de absorción (m <sup>2</sup> )	2,04	3,04	
	Superficie de apertura (m <sup>2</sup> )	2,16	3,22	
	Superficie total (m <sup>2</sup> )	3,03	4,46	
Bastidor	Material	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable	
	Aislamiento	Poliuretano A.D.	Poliuretano A.D.	
Tubos	Nº de Tubos	20	30	
	Material	Vidrio bajo en Fe	Vidrio bajo en Fe	
	Diámetro (mm)	65	65	
	Espesor (mm)	1,5	1,5	
Absorbedor	Tipo de absorbedor	Cobre	Cobre	
	Recubrimiento	Altamente selectivo (TINOX)	Altamente selectivo (TINOX)	
	Absortividad	95%	95%	
	Emisividad	5%	5%	
	Aislamiento	Vacío (10 <sup>-5</sup> mbar)	Vacío (10 <sup>-5</sup> mbar)	
Fluido	Tipo de fluido	Agua+Glicol	Agua+Glicol	
	Volumen de fluido (litros)	0,60	0,84	
	Caudal recomendado (l/h)	Min	120	180
		Max	300	450
Parámetros ensayados <sup>(1)</sup>	Coefficiente óptico	0,804 <sup>(1)</sup> / 0,727 <sup>(2)</sup>	0,798	
	K1 (W/m <sup>2</sup> K)	1,15 <sup>(1)</sup> / 1,764 <sup>(2)</sup>	1,3	
	K2 (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,0064 <sup>(1)</sup> / 0,006 <sup>(2)</sup>	0,0082	
Parámetros operativos	Temperatura de estancamiento (°C)	184	184	
	Presión máxima (bar)	5	5	
Tipo de tubería	Conexión hidráulica bastidor (mm)	22 x 1,2	22 x 1,2	
	Tipo conexión bastidor-tubos	Heat-Pipe	Heat-Pipe	
Pérdida de carga (mbar)	60 l/h	1	2,5	
	300 l/h	20	29	
Máximo número de paneles en serie		3	3	
Peso (Kg)		53	78	

<sup>(1)</sup> Conforme a los Estándar Europeos

<sup>(2)</sup> Conforme al ensayo CENER



## ANEXO 5



## ANEXO 6

**HAYWARD**

**Max-Flo PUMP (1 Hp)**

Model: SP 2807X10



## ANEXO 7

### MiniMax 100 ABOVE GROUND POOL AND SPA HEATERS



## PLUMBING CONNECTIONS

