

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Al servicio
de las personas
y las naciones



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Requisitos mínimos y metodología de evaluación de sistemas de calentamiento solar de agua para hoteles.

1 CONTENIDO

2	Lista de ilustraciones	3
3	Lista de tablas.....	3
4	Introducción	4
5	Listado de abreviaturas	5
6	Definiciones.....	6
7	Alcance y objetivos.....	9
8	Metodología de evaluación y requisitos mínimos del diseño de SCSA.....	10
8.1	Cálculo de la demanda energética	10
8.1.1	Consumo energético por el uso de agua caliente sanitaria	10
8.1.2	Consumo energético en albercas.....	13
8.2	Configuraciones básicas	15
8.2.1	Por el tipo de circulación del sistema.....	16
8.2.2	Por el tipo de transferencia de calor	17
8.2.3	Por el sistema de expansión.....	19
8.2.4	Por su aplicación.....	20
8.3	Sistema de captación	20
8.3.1	Captadores	20
8.3.2	Configuración del campo de colectores	21
8.3.3	Inclinación	24
8.3.4	Orientación.....	25
8.3.5	Sombras.....	25
8.3.6	Número máximo de colectores solares en función del diámetro de cabezales.	25
8.3.7	Estructura de soporte.....	25
8.4	Sistema de almacenamiento	26
8.4.1	Pérdidas térmicas en el termotanque.....	27
8.4.2	Evaluación de la temperatura de agua en el termotanque	29
8.5	Sistema hidráulico	30

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Al servicio
de las personas
y las naciones



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

8.5.1	Tuberías	30
8.5.2	Válvulas	30
8.5.3	Fluido de trabajo	31
8.5.4	Aislamiento.....	32
8.5.5	Vaso de expansión.....	32
8.5.6	Bomba	33
8.5.7	Intercambiador de calor	34
8.5.8	Temperaturas del sistema hidráulico.....	34
8.5.9	Presión.....	35
8.6	Sistema de control y monitoreo.....	36
8.6.1	Controles electrónicos diferenciales	36
8.6.2	Medidores de flujo y temperatura.....	37
8.7	Parámetros climatológicos.....	37
8.7.1	Temperatura ambiente	37
8.7.2	Irradiación global.....	37
8.7.3	Determinación de la irradiancia en un plano inclinado	37
8.8	Evaluación de la aportación solar	40
8.9	Documentación necesaria.....	42
8.9.1	Garantías y Fianzas.....	42
8.9.2	Manual de operación y mantenimiento.....	43
9	Evaluación económica.....	43
10	Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero	45
10.1	Cálculo de GEI evitado.....	45
11	Bibliografía	47
Anexo 1	Documentación	49
Anexo 2	Ubicación de las principales ciudades.....	50
Anexo 3	Temperatura ambiente a 10 m de la superficie (°C).....	52
Anexo 4.	Irradiación solar incidente en un plano horizontal (kWh/m ² /día)	54
Anexo 5	Velocidad del viento a 10 m de la superficie (m/s).....	56

2 LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de sistema de circulación natural	16
Ilustración 2 Diagrama de sistema de circulación forzada.....	17
Ilustración 3 Diagrama de sistema de transferencia directa	17
Ilustración 4 Diagrama de sistema con intercambiador de calor en el almacenamiento.....	18
Ilustración 5 Diagrama de sistema con intercambiador de calor externo	19
Ilustración 6 Diagrama de sistema abierto	19
Ilustración 7 Diagrama de sistema cerrado.....	20
Ilustración 8 Ejemplo de etiqueta.	21
Ilustración 9 Arreglo paralelo interno de dos subconjuntos de colectores con retorno inverso	22
Ilustración 10 Arreglo de dos subconjuntos en paralelo de colectores en serie con retorno inverso	23
Ilustración 11 Arreglo paralelo interno de colectores con retorno inverso.....	23
Ilustración 12 Arreglo de colectores en serie con retorno inverso.....	24
Ilustración 13 Termotanque vertical	28
Ilustración 14 Termotanque horizontal	28
Ilustración 15 Termotanque vertical con intercambiador de calor interno.....	28
Ilustración 16 Termotanque vertical con doble intercambiador de calor interno	28
Ilustración 17 Termotanques conectados en serie	29

3 LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de ocupación mensual	11
Tabla 2 Consumo mínimo de agua huésped	12
Tabla 3 Temperatura de agua fría.....	12
Tabla 4 Poder calorífico por combustible	13
Tabla 5 Día promedio mensual y declinación (John A. Duffie, 2013).....	39
Tabla 6 Factores de emisión por defecto	46

4 INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial han unido esfuerzos para crear la Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua (CSA).

Derivado de esta Iniciativa, la Conuee ha promovido el uso de calentadores solares de agua, en un inicio, a través del Programa de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL), y actualmente con el Programa de Calentamiento Solar de Agua México 2014-2018. Todo esto con el fin de acelerar el crecimiento del mercado de CSA en México utilizando las experiencias y lecciones aprendidas nacionales e internacionales.

Actualmente los calentadores solares de agua son una opción tecnológica y económicamente viable, con alto potencial de crecimiento en diversos sectores debido en gran parte a las características climatológicas de México, al grado de eficiencia que las tecnologías actuales han logrado, así como al elevado consumo de agua caliente que existe en México. Sin embargo, para impulsar su desarrollo, es necesario apoyar el establecimiento de mecanismos financieros atractivos para las empresas de servicios que son potenciales usuarias de los CSA.

Debido a lo anterior, se ha establecido como acción clave el diseñar, analizar, implementar y consolidar el mecanismo financiero nacional, comenzando con un proyecto piloto en la Península de Yucatán, que incluye a los estados de Quintana Roo, Campeche y Yucatán, para fomentar el uso de sistemas de calentamiento solar de agua dentro del sector servicios, específicamente hoteles, que sean atractivos y benéficos para los usuarios finales.

En este sentido, se ha confirmado la posibilidad y conveniencia de desarrollar un mecanismo financiero para la adquisición e instalación de sistemas de calentamiento solar de agua. Los créditos a otorgar requieren que se efectúe una validación a las propuestas de los proveedores con una metodología de soporte validada por Conuee y que los equipos a instalar tengan características acordes a especificaciones determinadas por la propia Conuee.

Ya que no se tienen experiencias previas en la implementación de este tipo de proyectos en México, se tienen que elaborar las metodologías para validar y evaluar la factibilidad técnica financiera de cada propuesta. Es importante resaltar que cada una de las soluciones de CSA en hoteles se diseña a la medida y que no existen normas para diseño de este tipo de sistemas. Sin embargo, existe la norma NMX-ES-003-NORMEX-2008 que especifica los requerimientos mínimos para las instalaciones de CSA.

5 LISTADO DE ABREVIATURAS

Cuando en esta metodología se haga referencia a las siguientes abreviaturas se entiende por:

Aa	Área de apertura
CDT	Carga dinámica total
cm	Centímetro
Cp	Calor específico (Cp agua = 4,186 J/Kg K)
ρ	Densidad de agua (1,000 Kg / m ³)
E	Ecuación del tiempo
°	Grados
°C	Grados Celsius
kg	Kilogramo
km/h	Kilómetros por hora
kJ/kg K	Kilo Joule por kilogramo Kelvin
kPa	Kilo pascales
kWh	Kilo Watts hora
L	Litros
l/s/m²	Litros por segundo por metro cuadrado
l/min	Litros por minuto
l/min/ m²	Litros por minuto por metro cuadrado
L_{st}	Es la longitud geográfica del meridiano estándar (o huso horario oficial)
L_{loc}	Es la longitud geográfica del punto de observación.
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m/s	Metro por segundo
MJ/m²/día	Mega joule por metro cuadrado por día
mm	Milímetro
N	Norte geográfico
NM	Norte magnético
S	Sur
SM	Sur magnético
S-SE	Sur-Sureste geográfico
S-SO	Sur-Suroeste geográfico
W/m²	Watt por metro cuadrado
kWh/m²/día	Kilowatt hora por metro cuadrado por día

Otros acrónimos:

Conuee	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CSA	Calentador solar de agua
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

6 DEFINICIONES¹

- **Acimut solar (γ_s)**

Es una de las coordenadas del Sistema Local que permite localizar al Sol en la bóveda celeste. Este es el ángulo formado por la línea recta que une al Sol (localizado en la bóveda celeste) y un observador en la Tierra proyectada en el plano horizontal y la línea que va del punto de observación; al Sur (en el hemisferio Norte) o al Norte (en el hemisferio Sur), este ángulo se mide sobre el plano horizontal local, a partir de la línea Norte Sur con signo negativo hacia el Este y signo positivo al Oeste.

- **Ángulo cenital solar (θ_z)**

Es una de las coordenadas del Sistema Local que permite localizar al Sol en la bóveda celeste y es el ángulo formado por la línea recta que va del observador sobre la Tierra al Sol, y la línea vertical sobre el punto de observación.

- **Ángulo de inclinación**

Ángulo entre el plano horizontal y el plano de la superficie especificada.

- **Área de apertura (A_a)** (Del colector solar)

Área máxima proyectada a través de la cual la radiación solar no concentrada llega al colector. El área de apertura no incluye ninguna parte transparente protegida de la radiación solar cuando esta radiación es incidente desde la dirección perpendicular a la proyección plana que define el área de apertura.

- **Altitud angular solar aparente (h)**

Es el ángulo complementario del ángulo cenital solar.

- **Calentador auxiliar**

Dispositivo o equipo que provee calor a partir de un combustible o de energía eléctrica.

- **Colector solar**

Captador solar - Calentador solar

Dispositivo diseñado para absorber radiación solar y transferir la energía térmica producida a un fluido de trabajo.

¹ (Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, 2006)

- **Declinación solar (δ)**

Es una de las coordenadas del Sistema Geocéntrico que permite localizar al Sol en la bóveda celeste y es el ángulo formado por línea Sol Tierra y el plano del ecuador terrestre (norte positivo).

- **Energía auxiliar**

Energía eléctrica consumida por las bombas, ventiladores y reguladores de una instalación solar térmica.

- **Irradiancia (G)**

Es la densidad de flujo de energía de radiación, o bien es la razón (o tasa) a la cual cierta cantidad de energía de radiación es emitida o recibida por un objeto por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Nota 1: La irradiancia se expresa generalmente en Watts por metro cuadrado (W / m^2).

- **Irradiación (H)**

Es la cantidad de energía de irradiación que incide sobre una cierta superficie durante cierto tiempo y por unidad de área, representada por la integral de la irradiancia o densidad de flujo de energía de radiación que recibe la superficie en un intervalo de tiempo dado, intervalo que en general puede ser por una hora o un día. La irradiación es expresada generalmente en Mega Joules por metro cuadrado (MJ/m^2), para el intervalo de tiempo dado comúnmente en un día o una hora ($3.6 MJ/m^2 = 1 kWh/m^2$).

- **Estancamiento**

Condiciones que se obtienen cuando se somete a un captador donde no circula fluido a altos niveles de irradiación y temperatura ambiente, con velocidades de viento despreciables y se alcanzan condiciones cuasi-estacionarias. La transferencia neta de energía es cero, es decir la energía ganada es igual a la energía pérdida.

- **Eficiencia del captador solar (η)**

(Del colector solar) relación o cociente entre la energía aprovechada por el fluido de transferencia de calor en un periodo de tiempo específico y la irradiación solar incidente en el colector para ese mismo periodo, bajo condiciones de estado estacionario. La eficiencia del colector también puede ser definida bajo condiciones de estado no estacionario.

- **Fracción solar (sistemas con calentamiento auxiliar)**

Relación entre la cantidad de energía obtenida mediante un calentador auxiliar y aquella que proporciona el sistema térmico solar, definido por:

$$\frac{Energía_{auxiliar}}{Energía_{captada}}$$

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



- **Orientación- Ángulo de orientación**

Dirección en la que un colector (o un edificio) encara, expresada como el ángulo acimut de la proyección horizontal de la superficie normal.

- **Sistema directo**

Sistema de calentamiento solar en el que el agua calentada que será consumida circula directamente en los diferentes pasos a través del colector.

- **Sistema indirecto**

Sistema de calentamiento solar donde el fluido que fluye a través del colector es diferente al agua que será consumida.

- **Sistema cerrado- Sistema sellado- Sistema sin ventilación o escape**

Sistema en el cual el fluido de transferencia de calor está completamente aislado de la atmósfera. Este fluido no tiene contacto con la atmósfera.

- **Sistema abierto**

Sistema en donde el fluido de transferencia de calor está en contacto con la atmósfera.

- **Temperatura de entrada del fluido (t_i)**

(Del fluido de transferencia de calor) temperatura a la entrada del colector.

- **Temperatura de salida del fluido (t_s)**

(Del fluido de transferencia de calor) Temperatura a la salida del colector.

7 ALCANCE Y OBJETIVOS

El presente documento establece la metodología de evaluación técnica económica para sistemas de calentamiento solar de agua a fin de garantizar la correcta operación del *Proyecto para la implementación de un mecanismo financiero piloto en la Península de Yucatán con factor de réplica nacional para fomentar el uso de sistemas de calentamiento solar de agua dentro del sector servicios en México*. En el presente documento se establecen:

- a. La metodología de evaluación del diseño de SCSA.
- b. Los requisitos mínimos que deberán tener los componentes incluidos en el diseño.
- c. La metodología de evaluación financiera.
- d. La metodología para determinar el impacto ambiental de los SCSA.

Las especificaciones y métodos de evaluación del presente documento se consideran obligatorias para los proveedores de sistemas de calentamiento solar de agua que participen en el proyecto.

8 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y REQUISITOS MÍNIMOS DEL DISEÑO DE SCOSA

Las posibles soluciones para calentar agua son diversas, es por eso que en este documento se distinguen variantes en la evaluación de los sistemas que se propongan como una solución de calentamiento de agua.

A continuación se presenta una clasificación genérica de los sistemas y los requisitos específicos que se tendrán que considerar:

Sistemas prefabricados de circulación natural:

Deberán cumplir con la norma NMX-ES-004-NORMEX-2010 ENERGÍA SOLAR - EVALUACIÓN TÉRMICA DE SISTEMAS SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA y la NMX-ES-003-NORMEX-2007 ENERGÍA SOLAR- REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS, PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.

Para sistemas de circulación forzada diseñados a la medida, como son:

- Sistemas de calentamiento solar de agua sanitaria
- Sistemas de calentamiento de agua de albercas
- Sistemas de precalentamiento

Se deberán considerar, como obligatorios, los aspectos expuestos en el presente documento. Los colectores solares deberán estar certificados bajo la NMX-ES-001-NORMEX-2005 ENERGÍA SOLAR – REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS, PARA CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA. Adicionalmente, las instalaciones deben cumplir lo establecido en la NMX-ES-003-NORMEX-2008 ENERGÍA SOLAR – RENDIMIENTO TÉRMICO Y FUNCIONALIDAD DE COLECTORES SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA – MÉTODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO.

8.1 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

8.1.1 Consumo energético por el uso de agua caliente sanitaria

El consumo energético mensual se define de acuerdo a la siguiente ecuación (Secretaría de Medio Ambiente , 2006):

$$CES_{mensual} = U_{max} \cdot Oc \cdot CA \cdot PAC \cdot \rho \cdot Cp \cdot (T_2 - T_1) \cdot n, |kJ| \text{ Ecuación } 1^2$$

² Elaboración a partir de (Secretaría de Medio Ambiente , 2006)

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



En donde:

$CES_{mensual}$ = Consumo energético sanitario mensual (kJ)

U_{max} = Cantidad máxima de usuarios del hotel

Oc = Porcentaje de ocupación, obtenido de la Tabla 1 Porcentaje de ocupación mensual

CA = Consumo mínimo de agua por huésped, obtenido de acuerdo a la

Tabla 2 Consumo mínimo de agua huésped

PAC = Porcentaje de agua caliente utilizada con relación al consumo mínimo de agua caliente por huésped, obtenido por la ecuación 2.

ρ = Densidad del agua. Se considera 1 (kg/l)

Cp = Calor específico del agua = 4.186 (kJ/kg K)

T_2 = Temperatura del agua caliente requerida por cada hotel (°C)

T_1 = Temperatura de agua fría, establecida en la Tabla 3 Temperatura de agua fría (°C)

n = Número de días de operación correspondiente al mes evaluado

El porcentaje de ocupación (Oc) mensual por entidad federativa que se considera en el presente documento es el siguiente:

Tabla 1 Porcentaje de ocupación mensual

Mes	Campeche	Quintana Roo	Yucatán
Enero	46.27%	75.73%	42.96%
Febrero	48.55%	79.41%	48.46%
Marzo	55.64%	80.99%	54.96%
Abril	50.13%	74.65%	46.32%
Mayo	46.83%	67.49%	43.35%
Junio	48.78%	69.99%	44.01%
Julio	63.69%	81.22%	59.94%
Agosto	55.79%	71.27%	49.84%
Septiembre	43.97%	54.44%	41.35%
Octubre	53.41%	55.20%	50.30%
Noviembre	61.95%	68.03%	58.20%
Diciembre	52.19%	75.69%	51.77%

Fuente: Secretaría de Turismo, Datatur 2013, Porcentaje de ocupación mensual por entidad federativa

El consumo mínimo de agua por huésped (CPA)

Tabla 2 Consumo mínimo de agua huésped

Aplicación	Consumo de agua (CA) (l/día huésped)
Hotel GT	300
Hotel 5 estrellas	300
Hotel 4 estrellas	280
Hotel 3 estrellas	260
Hotel 2 estrellas	230
Hotel 1 estrellas	200
Hostal	150
Campamento	150

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de agua caliente utilizada con relación al consumo mínimo de agua caliente por huésped (PAC) deberá considerarse de acuerdo con la siguiente relación.

$$PAC = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{40 - T_1}{T_2 - 40}\right)} * 100 \quad \text{Ecuación 2}^3$$

La temperatura de agua fría de la red (T_1) promedio anual considerada para los cálculos es la siguiente:

Tabla 3 Temperatura de agua fría

Mes	Campeche (°C)	Quintana Roo (°C)	Yucatán (°C)
Enero	25.3	25.5	25.6
Febrero	25.5	25.7	25.9
Marzo	25.7	26.0	26.2
Abril	26.0	26.3	26.4
Mayo	26.2	26.6	26.7
Junio	26.4	26.8	27.0
Julio	26.6	27.1	27.3
Agosto	26.3	26.7	26.9
Septiembre	26.0	26.3	26.5
Octubre	25.7	26.0	26.1
Noviembre	25.4	25.6	25.7
Diciembre	25.1	25.2	25.3

Fuente: Elaboración propia con datos de RETScreen

³ (Secretaría de Medio Ambiente , 2006)

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

El consumo energético sanitario anual (CES) se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CES_{Anual} = \sum_{i=1}^{i=12} CE_{mensual}, |MJ| \text{ Ecuación 3}$$

Donde i es el mes, en donde Enero es el mes 1 y diciembre el mes 12

Cálculo del combustible utilizado para calentamiento de agua:

$$Consumo_{combustible} = \frac{CES_{Anual}}{PC \cdot \eta_{SC}} \text{ Ecuación 4}$$

η_{SC} Eficiencia del sistema actual de calentamiento (calentador, caldera, caldereta, etc.), establecida en la NOM-003-ENER-2011.

PC Poder calorífico del combustible, se obtiene de la Tabla 4 Poder calorífico por combustible.

Tabla 4 Poder calorífico por combustible

Energético	Unidad	Poder calorífico (MJ/unidad)
Carbón	kg	25.28
Combustóleo	l	39.28
Diésel	l	38.69
Electricidad	kWh	3.60
Gas LP	kg	48.10
Gas Natural	m ³	33.91

Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía (Secretaría de Energía, 2010)

8.1.2 Consumo energético en albercas

El consumo energético mensual por el calentamiento de agua para albercas se define de la siguiente forma (Secretaría de Medio Ambiente , 2006):

$$CEA_{mensual} = V \cdot \rho \cdot Cp \cdot \Delta T \cdot n, |kJ| \text{ Ecuación 5}$$

En donde:

$CEA_{mensual}$ = Consumo energético mensual para albercas

V = Volumen del agua de la alberca a calentar, corresponde al agua a calentar por día

Cp = Calor específico del agua = 4.186 (kJ/kg K)

ΔT = Disminución promedio de la temperatura en el agua de la alberca durante la noche.

n = Tiempo de operación del establecimiento (días/mes)

Cálculo de la disminución promedio de la temperatura en el agua de la alberca durante la noche
(Dorantes, López, Salazar, & González, 2012)

$$\Delta T = \left(\frac{16}{m C_p} \right) (Q_P) |K| \quad \text{Ecuación 6}$$

En donde ΔT es la disminución promedio de la temperatura del agua de la alberca en un tiempo de 16 hrs al día, manteniendo constante Q_P durante la noche.

Mientras tanto Q_P se calcula de la siguiente manera:

$$Q_P = Q_{EVAP} + Q_{CONV} + Q_{RAD} |kJ| \quad \text{Ecuación 7}$$

Perdidas por evaporación (Q_{EVAP})

$$Q_{EVAP} = 1,612 \cdot A_p \cdot h_{ca} \cdot (P_a - P_o) |kJ| \quad \text{Ecuación 8}$$

En donde:

A_p = área perimetral de la alberca en m^2 .

h_{ca} = coeficiente de transferencia de calor por convección, y donde: $h_{ca} = 4.4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ para velocidades promedio menores a 5 km/h y $h_{ca} = 1.39 \cdot V^{0.8}$ para velocidades promedio mayores a 5 km/h.

P_a = presión de saturación del agua a la temperatura de confort de la alberca.

P_o = presión de vapor del agua a la temperatura del aire.

Perdidas por convección (Q_{CONV})

$$Q_{CONV} = A_p \cdot h_{ca} \cdot (T_a - T_o) |kJ| \quad \text{Ecuación 9}$$

En donde:

A_p = área perimetral de la alberca en m^2

h_{ca} = coeficiente de transferencia de calor por convección, y donde: $h_{ca} = 4.4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ para velocidades menores a 5 km/h y $h_{ca} = 1.39 \cdot V^{0.8}$ para velocidades mayores a 5 km/h.

T_a = temperatura de confort de la alberca

T_o = temperatura promedio mensual ambiente

Perdidas de calor por radiación (Q_{RAD})

$$Q_{RAD} = A_p \cdot \varepsilon \cdot (T_a^4 - T_o^4) |kJ| \text{ Ecuación 10}$$

En donde:

A_p = área perimetral de la alberca en m^2

ε = Coeficiente de emitancia del agua

T_a = temperatura de la alberca

T_o = temperatura ambiente

$$CEA_{Anual} = \sum_{i=1}^{i=12} CEA_{mensual}, |kJ| \text{ Ecuación 11}$$

Donde i es el mes, en donde Enero es el mes 1 y diciembre el mes 12.

Cálculo del combustible utilizado para calentamiento de agua:

$$Consumo_{combustible} = \frac{CEA_{Anual}}{PC \cdot \eta_{SC}} |kJ| \text{ Ecuación 12}$$

η_{SC} = Eficiencia del sistema actual de calentamiento (calentador, caldera, caldereta, etc.), establecida en la NOM-003-ENER-2011. En caso de bombas de calor, usar el COP.

PC = Poder calorífico del combustible, se obtiene de la Tabla 4 Poder calorífico por combustible.

8.2 CONFIGURACIONES BÁSICAS

El presente documento considera los siguientes criterios de clasificación:

- Por el tipo de circulación del sistema
- Por el tipo de transferencia de calor
- Por sistema de expansión
- Por aplicación

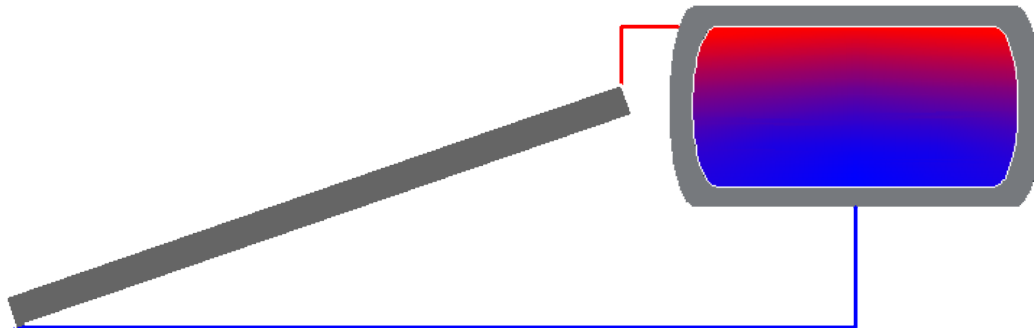
En la memoria de cálculo deberá especificar el tipo de sistema que se propone a instalar de acuerdo con las siguientes clasificaciones.

8.2.1 Por el tipo de circulación del sistema

- Circulación natural o termosifón

Sistema que sólo utiliza los cambios de densidad del fluido de transferencia de calor para lograr la circulación entre el colector y el dispositivo de almacenamiento o entre el colector y el intercambiador de calor⁴.

Ilustración 1 Diagrama de sistema de circulación natural



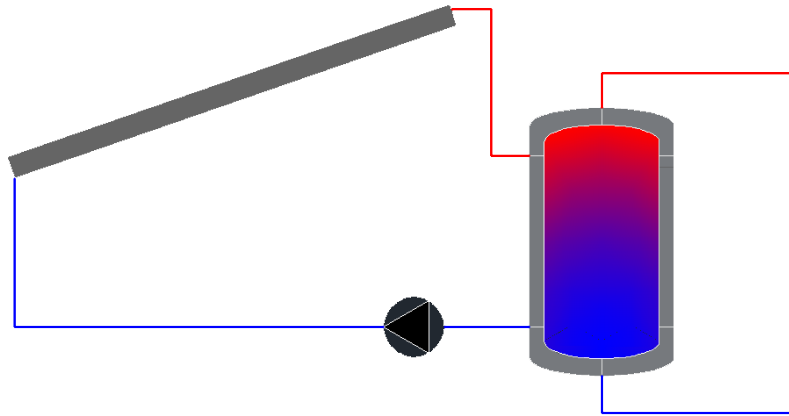
Los sistemas de circulación natural o termosifón deberán presentar un documento emitido por alguna entidad certificadora que compruebe el cumplimiento con lo establecido en la norma NMX-ES-004-NORMEX-2010 ENERGÍA SOLAR - EVALUACIÓN TÉRMICA DE SISTEMAS SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA. Estos sistemas serán permitidos siempre y cuando no se superen volúmenes de almacenamiento mayores a 1,000 litros.

⁴Fuente: (Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, 2006)

- Circulación forzada

Sistema que utiliza una bomba o un ventilador para hacer circular el fluido de transferencia de calor a través del (de los) colector (es)⁵.

Ilustración 2 Diagrama de sistema de circulación forzada

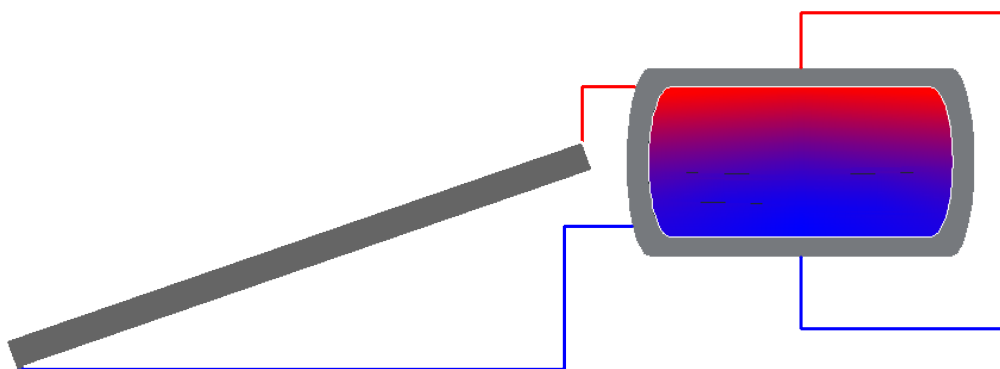


8.2.2 Por el tipo de transferencia de calor

- Transferencia directa (sin intercambiador de calor)

Sistema de calentamiento solar en el que el agua calentada que será consumida circula directamente en los diferentes pasos a través del colector.

Ilustración 3 Diagrama de sistema de transferencia directa



⁵ Fuente: (Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, 2006)

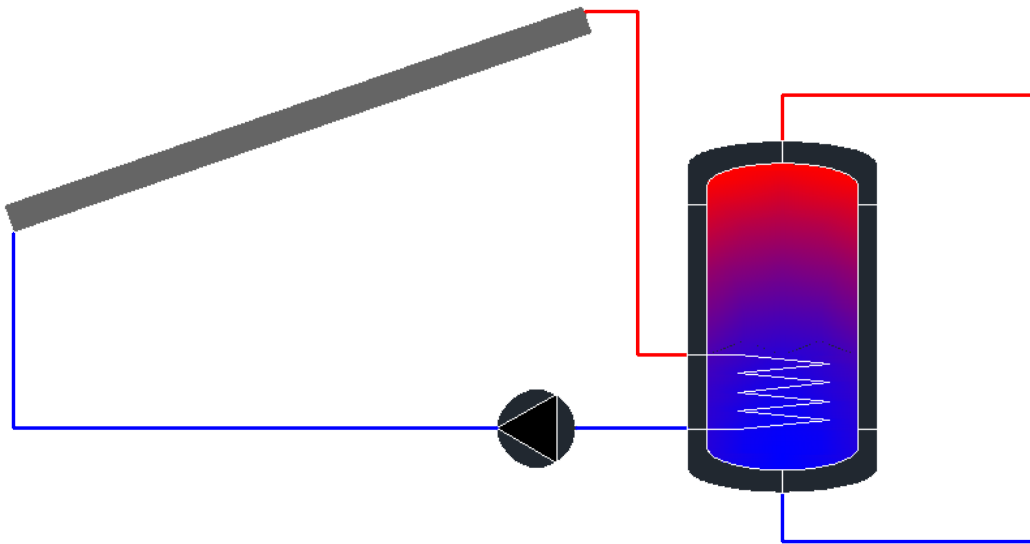
“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”

- Con intercambiador de calor en el almacenamiento

Sistema de calentamiento solar en el que un fluido de transferencia de calor es diferente al agua y será consumido o circulada en los diferentes pasos de uso de calor a través del colector.

Ilustración 4 Diagrama de sistema con intercambiador de calor en el almacenamiento



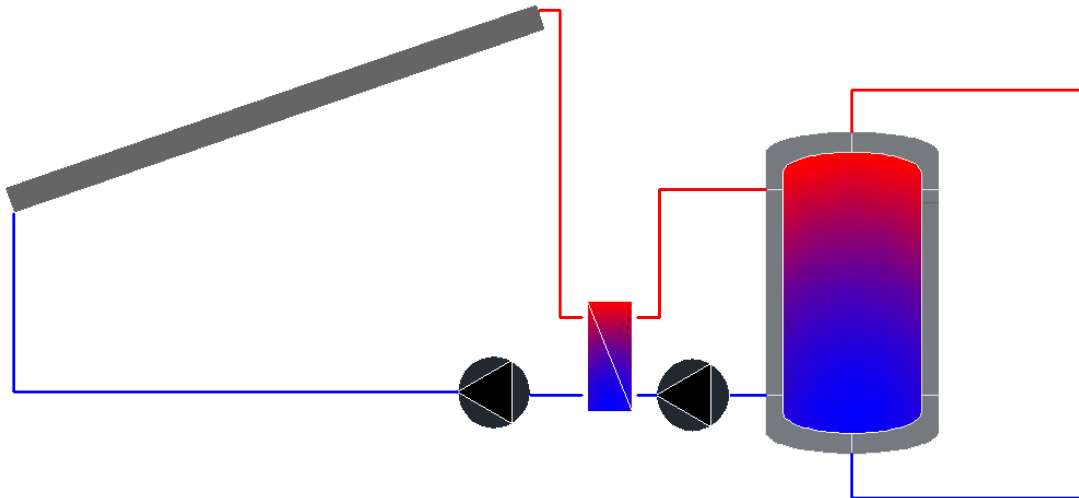
“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.”

(Componente Nacional: México)”

- Con intercambiador externo

Sistema de calentamiento solar en donde un fluido de transferencia de calor es diferente al agua, circula por el colector y transfiere su calor al agua con la ayuda de un intercambiador de calor externo.

Ilustración 5 Diagrama de sistema con intercambiador de calor externo

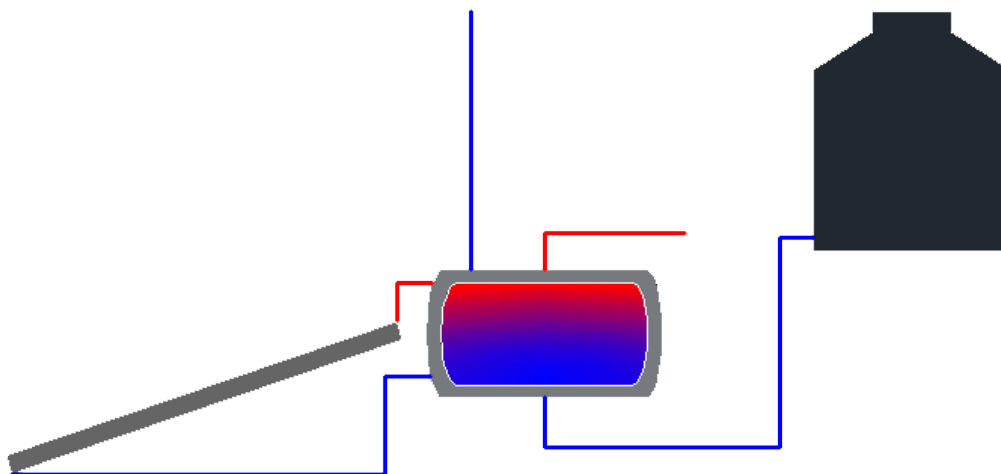


8.2.3 Por el sistema de expansión

- Sistema abierto

Sistema de calentamiento solar en donde el fluido de transferencia de calor está en contacto con la atmósfera.

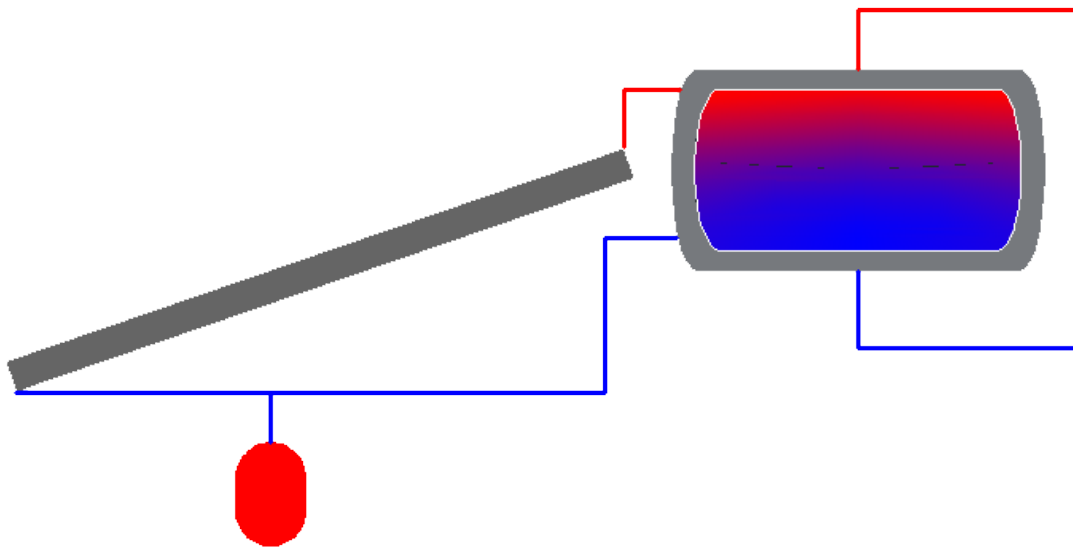
Ilustración 6 Diagrama de sistema abierto



- Sistema cerrado

Sistema de calentamiento solar en el cual el fluido de transferencia de calor está completamente aislado de la atmósfera. Este fluido no tiene contacto con la atmósfera.

Ilustración 7 Diagrama de sistema cerrado



8.2.4 Por su aplicación

- Para calentamiento de agua sanitaria
- Para calentamiento de agua de albercas
- Para precalentamiento

8.3 SISTEMA DE CAPTACIÓN

Se considera parte del sistema de captación a los colectores, configuración del campo de captación, orientación, inclinación y estructuras de soporte.

8.3.1 Captadores

Los captadores seleccionados deberán presentar un documento emitido por alguna entidad certificadora que demuestre el cumplimiento con lo establecido en la NMX-ES-001-NORMEX-2005 ENERGÍA SOLAR- RENDIMIENTO TÉRMICO Y FUNCIONALIDAD DE COLECTORES SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA- MÉTODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO. Los captadores solares deberán contar con la siguiente información:

- Fabricante
- País de fabricación
- Modelo

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”

- Marca
- Teléfono
- Área de apertura (m²)
- Fecha de prueba
- Presión máxima de operación (kPa)
- Ecuación de eficiencia térmica ($a-bx-cx^2$, $x = (t_{in}-t_a)/G$)
- Flujo recomendado del colector solar (l/min)
- Volumen al interior del colector (no requerido por la norma)

Ilustración 8 Ejemplo de etiqueta.

RENDIMIENTO Y EFICIENCIA TÉRMICA

Fabrica: Modelo:

Marca: Tel.:

Area de apertura: m²/ Fecha de prueba:

Presión máxima de operación: Kpa

ECUACION DE EFICIENCIA TERMICA
 $\eta = 0,691 - 3,5 X - 12,2 X^2$; $X = (T_{in} - T_a)/G$
 Flujo recomendado del colector solar: l/min

** Tem peratura °C	Para uso típico en	Calor útil al día/m ² Mega Joules/(día·m ²)			Capacidad de Calentamiento litros/(día·m ²)*		
		Tropical	Templado	Semidesértico	Tropical	Templado	Semidesértico
30	Alberca	7,2-11,1	7,7-9,3	5,5-12,3	N.A.	N.A.	N.A.
50	Doméstico	6,5-10,4	6,6-8,2	4,5-11,5	67-109	46-58	39-104
70	Industrial	5,1-9,1	5,6-7,3	3,2-10,3	19-36	21-28	11-41

CERT No. 000/NESO/CP. De conformidad con los criterios establecidos en el esquema de certificación NORMEX/ESQ/NESO/000/2005 El cual considera: Las especificaciones de la Norma NMX-ES-001-NORMEX-2005. Buenas prácticas de manufactura y control de los puntos críticos de proceso.

Símbolos: η > Eficiencia, T_{in} > Temperatura de entrada °C, T_a > Temperatura ambiente °C
 G > Irradiancia solar W/m²

* Los valores de la temperatura del agua fría de entrada se consideran variables de acuerdo a la norma.
 ** Temperatura típica de operación N.A. No aplica

Fuente: NMX-ES-001-NORMEX-2005

Adicionalmente, si el sistema de calentamiento solar de agua se instalará en un ambiente salino, el fabricante o importador deberá presentar una justificación técnica de intemperismo, que confirme la integridad de los captadores durante su vida útil, la prueba debe contener, por lo menos: prueba de niebla salina, humedad relativa y secado.

Los equipos deben poder quedarse expuestos al sol sin agua durante largos periodos de tiempo (cuando no se usen en verano por ejemplo) sin sufrir daños.

8.3.1.1 Modelo de colectores

Los colectores de un mismo campo de captación deberán ser del mismo modelo. En caso de que se requiera cambiar el modelo, se seleccionará de acuerdo a lo siguiente:

- No se modifique el caudal
- Se conserve la eficiencia de los colectores

8.3.2 Configuración del campo de colectores

Los bancos de colectores deben tener preferentemente y si el sitio lo permite la misma orientación e inclinación, los cuales pueden distribuirse en líneas paralelas y rectas separados entre sí para evitar sombras en la peor época del año (solsticio de invierno).

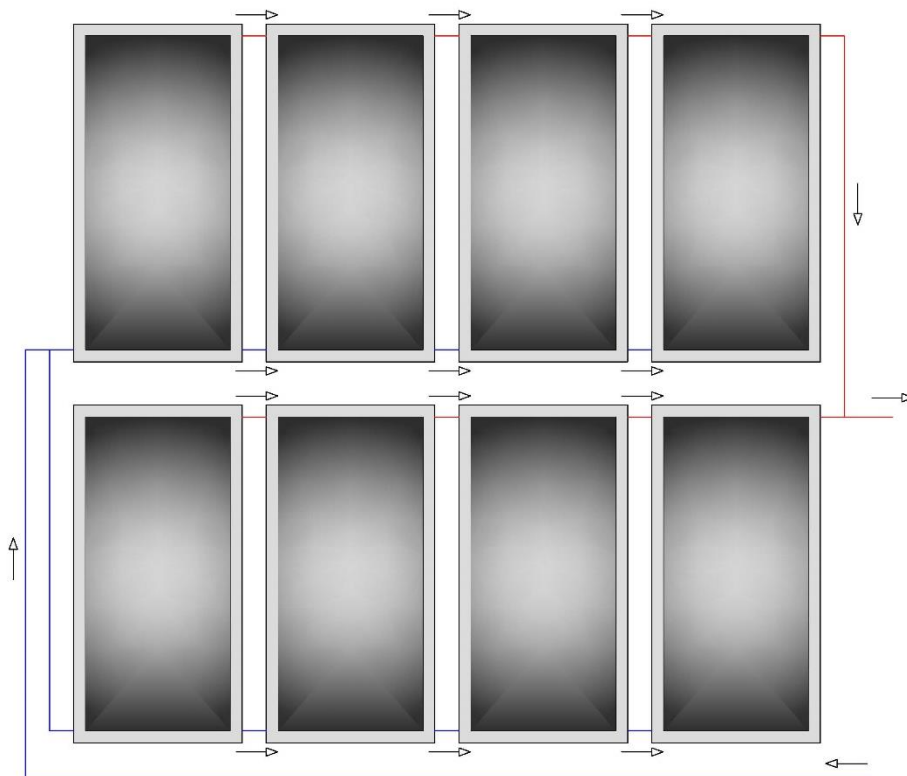
“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”

Los colectores solares se dispondrán en las filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de colectores solares se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie paralelo, de tal forma que en ningún punto se tenga una velocidad mayor a 2.4 m/s. Dentro de cada fila de colectores solares se conectará en serie o en paralelo.

El número máximo de captadores solares que se puede conectar en serie tendrá en cuenta las indicaciones del fabricante.

Ilustración 9 Arreglo paralelo interno de dos subconjuntos de colectores con retorno inverso



“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Al servicio de las personas y las naciones



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Ilustración 10 Arreglo de dos subconjuntos en paralelo de colectores en serie con retorno inverso

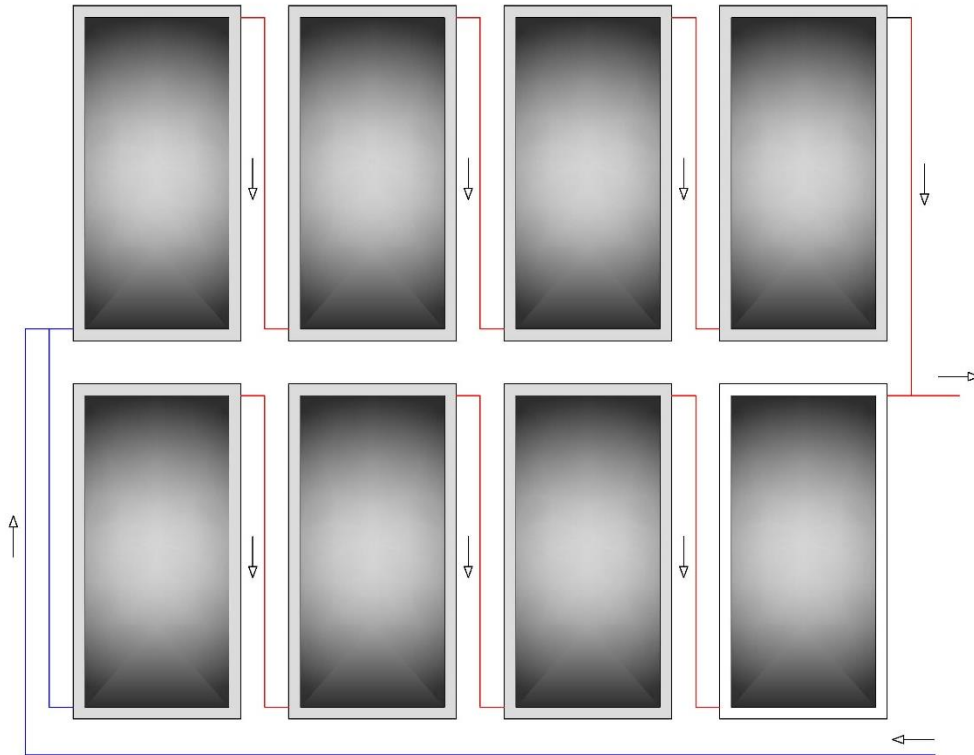


Ilustración 11 Arreglo paralelo interno de colectores con retorno inverso

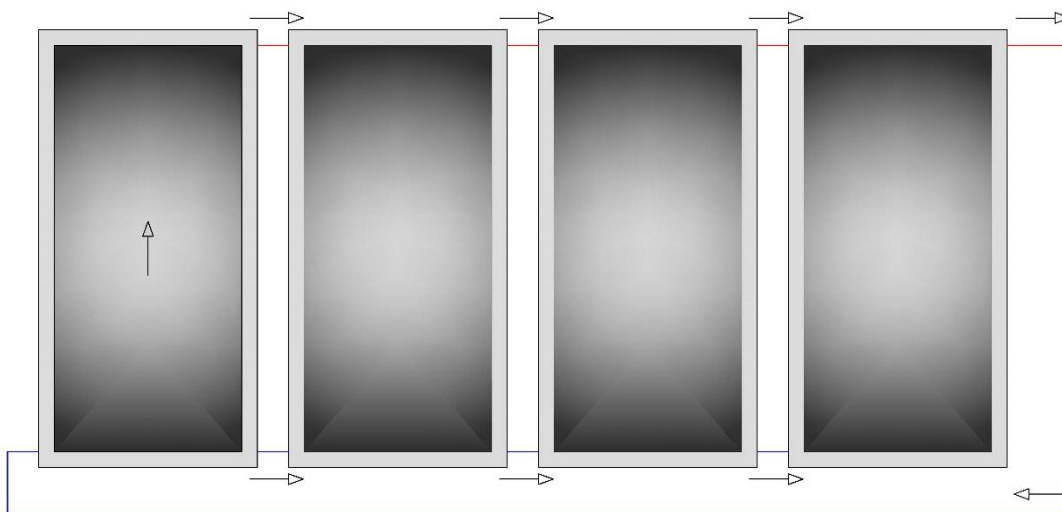
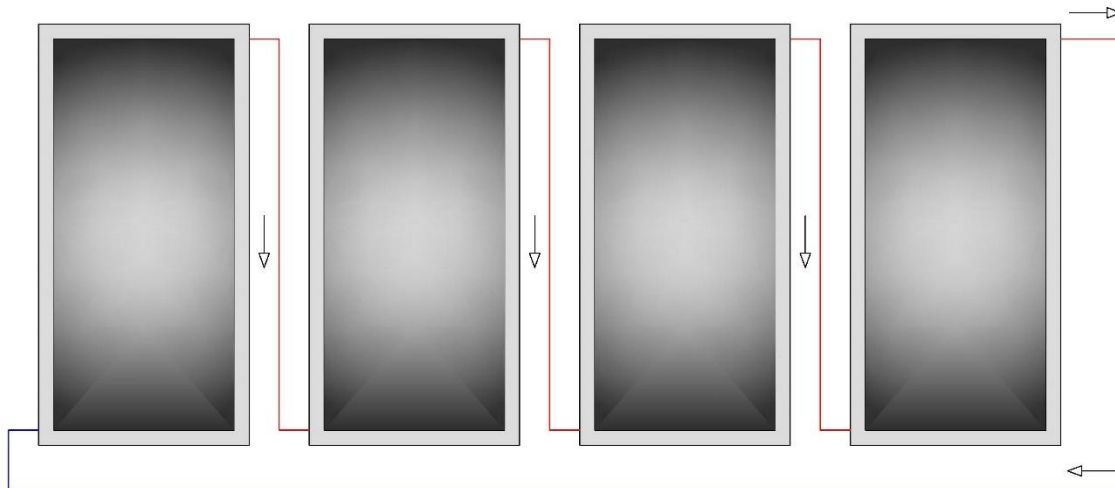


Ilustración 12 Arreglo de colectores en serie con retorno inverso



8.3.3 Inclinación⁶

La inclinación mínima de los captadores deben ser de 10° para colectores de tubo evacuado y plano mientras para colectores planos sin cubierta puede ser 0° (Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, 2008). La selección de la inclinación debe considerar el perfil de consumo mensual.

En el caso de tener suficiente área disponible, la separación entre bancos de colectores solares se establece de tal forma que al mediodía solar del día más desfavorable (altura solar mínima) del periodo de utilización, la sombra de la arista superior de una fila de colectores ha de proyectarse, como máximo, sobre la arista inferior de la fila siguiente. En equipos que se utilicen todo el año o en invierno, el día más desfavorable corresponde al 21 de diciembre (con respecto al hemisferio norte). En este día, la altura solar es mínima, y al mediodía solar tiene el valor siguiente:

$$h_0 = (90^\circ - \text{Latitud del lugar}) - 23,5^\circ \quad | \text{Ecuación 11}$$

Por lo tanto, la fórmula de la distancia mínima entre hileras de colectores es la siguiente:

$$d = l(\text{sen } \alpha / \text{tan } h_0 + \text{cos } \alpha) \quad | \text{Ecuación 12}$$

En donde α es la altura solar el día 21 de diciembre

⁶ (Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, 2008)

8.3.4 Orientación⁷

La orientación no debe rebasar el 30% de valor de captación ideal.

En ocasiones, la arquitectura de las construcciones o la geometría del área disponible para instalar los colectores solares no permiten orientarlos estrictamente hacia el S y tampoco es posible inclinarlos con el ángulo correcto. En este caso, se pueden instalar los colectores solares desviados del S e inclinados con un ángulo diferente al óptimo, de acuerdo a las siguientes restricciones:

- Se debe tener en cuenta que la eficiencia de los colectores solares para algunas localidades es mejor en la tarde debido a que la temperatura ambiente es mayor que en la mañana, por lo que si se debe de decidir entre una orientación S-SE contra una S-SO se prefiere la S-SO, siempre y cuando en la localidad las lluvias y/o nublados no sean más frecuentes durante las tardes.
- Al final del cálculo del número de colectores solares necesarios para cumplir con la carga térmica requerida, se debe incrementar el área de colectores solares en función a las pérdidas de irradiación solar debidas a su orientación e inclinación alejadas de la posición ideal.

8.3.5 Sombras

El sistema de captación debe diseñarse y ubicarse para no tener sombras. La energía entregada por el sistema en presencia de sombras no podrá ser superior a 15% de la energía entregada sin sombras. El proveedor deberá presentar un análisis de sombras del sitio de la instalación.

8.3.6 Número máximo de colectores solares en función del diámetro de cabezales.

Aunque el flujo vaya disminuyendo al ir avanzando por los cabezales de entrada de un conjunto o subconjunto de colectores solares, se debe limitar el número de colectores por subconjunto en función al diámetro interno de sus cabezales de tal forma que la velocidad en la entrada no sea mayor a 2.4 m/s.

8.3.7 Estructura de soporte

La estructura de soporte y el anclaje deben ser capaces de resistir las ráfagas de viento según las reglamentaciones locales.

Las estructuras deben resistir la acción de los agentes ambientales: radiación solar y la acción del aire y el agua.

Las estructuras metálicas pueden ser de acero inoxidable, aluminio anodizado o acero al carbón recubierto con pintura epóxica. Por otra parte, no importando el material de construcción se deberá garantizar que la estructura resista la corrosión, salinidad y agentes externos como la lluvia y se deberá contar con una garantía por escrito.

⁷ IDEM

Las perforaciones en azoteas, deben sellarse e impermeabilizar el área circundante para evitar filtraciones.

8.4 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

El termotanque seleccionado llevará una placa con la siguiente información:

- Marca y modelo
- Nombre del fabricante
- Número de serie
- Año de fabricación.
- Volumen (litros)
- Presión máxima de trabajo (Bar)
- Temperatura máxima de trabajo (en °C)
- Material del tanque interno
- Tipo y espesor del aislante
- Material del recubrimiento

El material del tanque interno puede ser de:

- Acero con recubrimiento vidriado
- Acero con resinas epóxicas o equivalente
- Acero inoxidable
- Cobre
- Los termotanques no metálicos deberán resistir la acción combinada de presión y temperatura máxima del sistema.

Se considerará como deseable seleccionar termotanques cuya disposición de instalación sea vertical.

Conexiones con los que debe contar el termotanque⁸:

- La entrada de agua fría estará en la parte inferior del termotanque y debe incorporar difusores.
- La salida de agua caliente para consumo debe estar en la parte superior.
- La entrada del agua caliente proveniente de los colectores o del intercambiador de calor se localizará entre el 50% y 70% de la altura del termotanque y debe incorporar difusores.
- La salida de agua fría a colectores se localizará entre el 5% y 10% de la altura del termotanque.
- En caso de que el termotanque tenga un serpentín, este deberá situarse entre el 10% y el 60% de la altura del termotanque.

⁸ (Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, 2008)

- El termotanque debe contar con una válvula de drenado en la parte inferior para drenado de lodos.

En el caso de sistemas cerrados que utilicen fluidos de trabajo diferentes al agua deberán colocarse recipientes antiderrame.

8.4.1 Pérdidas térmicas en el termotanque

Los termotanques se aislarán a fin de no perder más del 10% de la energía captada por los colectores solares.

El aislamiento debe estar recubierto para evitar degradación y ganancia de humedad.

Para el cálculo de las pérdidas en el termotanque se ocupara la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{PT} = U_{Global} \times A_{Total} \times \Delta T \text{ [kJ]} \quad \text{Ecuación 13}$$

En donde:

\dot{Q}_{PT} = Pérdida de calor en el termotanque (kJ)

U_{Global} = Coeficiente global de transferencia de calor (kJ/m²K)

ΔT = Diferencia de temperatura entre el fluido interno y el medio ambiente (°C)

El coeficiente de transferencia de calor global se calculará como:

$$U_{Global} = \frac{1}{h_1} + \frac{t_1}{k_1} + \frac{t_2}{k_2} + \frac{1}{h_2} \text{ [kJ/m}^2\text{K]} \quad \text{Ecuación 14}$$

En donde:

h_1 = coeficiente convectivo interno (kJ/m²K) cuyos valores se toman como 20 kJ/m²K convección natural del agua, bajo flujo y 100 kJ/m²K convección natural del agua, flujo alto

h_2 = coeficiente convectivo externo (kJ/m²K) cuyos valores se toman como 5 kJ/m²K convección natural del aire, bajo flujo y 25 kJ/m²K convección natural del aire, flujo alto

t_1 = espesor del tanque (m)

t_2 = espesor del aislamiento (m)

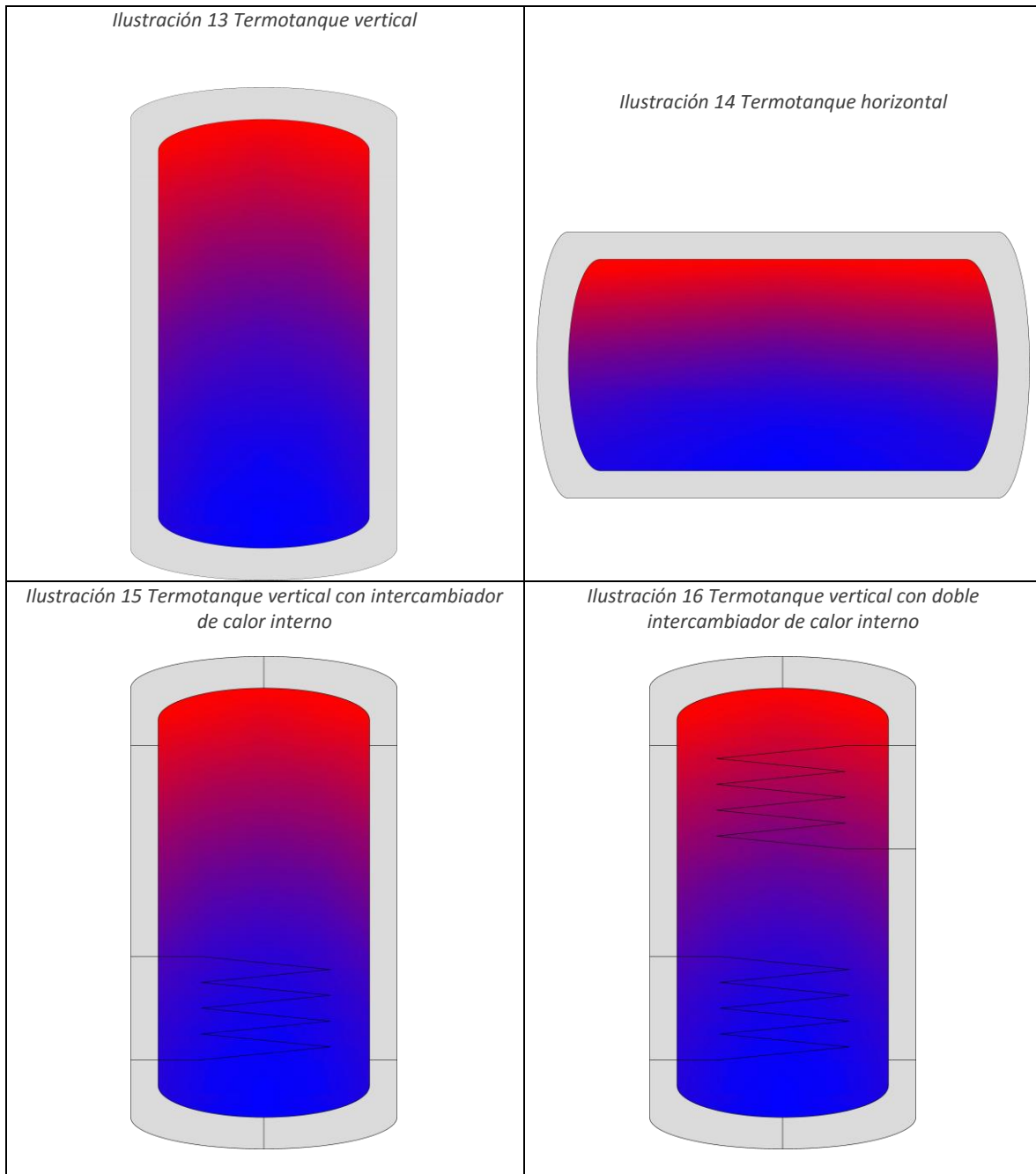
k_1 = coeficiente conductivo tanque (kJ/m²K)

k_2 = coeficiente conductivo aislante (kJ/m²K)

La relación entre el volumen del termostanque y el área de captación debe estar en el rango de $50 < V/A_c < 180 \text{ l/m}^2$ (IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2009). En donde V es el volumen del termostanque y A_c es área de captación.

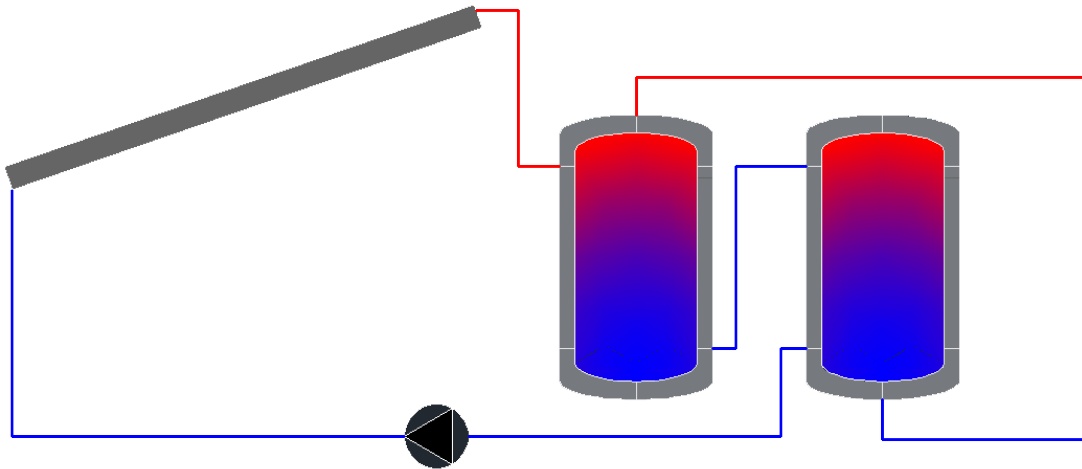
8.4.1.1 Tipos de termostanque

A continuación se presentan los tipos de termostanque más comunes



Cuando se requieran varios termotanques se deben conectar en serie invertida con el circuito de consumo, con el objeto de lograr una estratificación adecuada de temperaturas, tal como se muestra en la figura.

Ilustración 17 Termotanques conectados en serie



8.4.2 Evaluación de la temperatura de agua en el termotanque

La temperatura del agua está dada por la ganancia de calor del sistema de captadores, el agua fría de entrada (igual al consumo horario) y las pérdidas de calor del termotanque

Temperatura horaria por la ganancia de calor del sistema de colectores

$$T = \frac{q_{hora n}}{\rho V_{termo} Cp} + T_{termo\ hora\ n-1} \text{ } |^{\circ}C| \text{ Ecuación 15}$$

En donde:

ρ = densidad del fluido (kg/m^3)

V_{termo} = Volumen del termotanque seleccionado (m^3)

$q_{(hora n)}$ = transferencias de calor durante la hora evaluada (kW)

$T_{(termo\ hora\ n-1)}$ = Temperatura del termotanque en la hora anterior a la evaluada ($^{\circ}C$)

8.5 SISTEMA HIDRÁULICO

8.5.1 Tuberías

En el circuito primario podrán utilizarse tuberías de cobre, acero inoxidable y materiales plásticos que resistan la acción combinada de presión y temperatura en condiciones de estancamiento.

Cuando se requiera usar diferentes tipos de materiales de tubería en el mismo circuito, se deberán tener en cuenta la protección catódica y el correcto acoplamiento entre ellas.

A partir del caudal entregado por la bomba se calcula la velocidad del fluido al interior de las tuberías.

La velocidad del fluido se calcula a partir de los datos de caudal y del diámetro de la tubería.

$$Q = v A \left| \frac{m^3}{s} \right| \text{ Ecuación 16}$$

Despejando

$$v = \frac{Q}{A} \left| \frac{m}{s} \right| \text{ Ecuación 17}$$

En donde Q es el caudal entregado por la bomba y A es el área de la sección transversal de la tubería a evaluar.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de acuerdo a los siguientes criterios:

- La velocidad de circulación del fluido debe ser mayor a 0.3 m/s e inferior a 2.4 m/s.
- La velocidad de circulación de un fluido debe ser mayor a 0.3 m/s e inferior a 1.2 m/s en los siguientes casos:
 - Cuando el pH sea inferior a 6.9
 - Cuando el agua haya sido tratada para disminuir su dureza
 - Cuando la temperatura del agua en las tuberías sea superior a 60°C

8.5.2 Válvulas

Las válvulas se seleccionarán de acuerdo a la función que desempeñan en el circuito hidráulico y de acuerdo a las condiciones extremas de temperatura y presión en condiciones de estancamiento. Las válvulas pueden ser:

- Válvulas de esfera para:
 - Aislamiento
 - Vaciado
 - Llenado
 - Purga de aire

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



- Válvulas de macho para:
 - Vaciado
 - Purga de aire
- Válvulas de resorte para:
 - Seguridad (sobrepresión)

No se podrán utilizar válvulas de compuerta.

La selección de la presión de la válvula de seguridad no puede ser superior a la presión máxima de cualquier otro componente del circuito hidráulico ni inferior a la presión de operación del sistema.

Las válvulas de purga de aire automático deben resistir las condiciones máximas de presión y temperatura, es recomendable que no sea menor a 150°C.

8.5.3 Fluido de trabajo

No debe ser tóxico ni irritante.

Deberá ser estable para todo el rango de presiones y temperaturas, en particular en condiciones de estancamiento.

El potencial de hidrógeno (pH) del fluido de trabajo deberá ser de entre 5 y 8.

En el caso de agua como fluido de trabajo deberá cumplir con las siguientes características:

- El contenido de sales minerales solubles no debe exceder de 500 mg / l
- El contenido de carbonato de calcio no debe exceder 200 mg / l
- El contenido de dióxido de carbono libre no debe exceder 50 mg / l

Para corroborar estos datos, se deberá de realizar un análisis físico- químico.

En caso de que el agua de la red no cumpla las condiciones anteriores, se deberá utilizar un circuito primario indirecto con un fluido de trabajo que cumpla las condiciones.

En el caso de que el análisis físico-químico mostrará la necesidad de contar con el tratamiento del agua que se utilizará en las instalaciones del hotel, favor de incluir un método de tratamiento de agua en la propuesta técnica y económica.

En el caso de utilizar mezcla de agua con propilenglicol, la mezcla deberá calcularse de acuerdo a la temperatura mínima registrada en el lugar. La mezcla no debe superar 50% de propilenglicol.

Las mezclas con etilenglicol están prohibidas por su toxicidad.

En el caso de sistemas directos para albercas, los equipos deben resistir los cambios al pH, cloro y ácidos.

8.5.4 Aislamiento

Las tuberías y componentes del circuito hidráulico se deben aislar de tal forma que no se tengan pérdidas de calor superiores al 10% de la energía ganada en el campo de captación.

Los aislantes utilizados deben cumplir con la Norma OFICIAL MEXICANA NOM-009-ENER-2014, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES.

Para efectos del presente documento se consideraran los coeficientes de conductividad térmica proporcionados por el fabricante.

La selección de los materiales aislantes deberán considerar los siguientes criterios:

- Resistentes a la degradación
- Resistentes a la temperatura máxima de estancamiento
- Resistentes a la radiación solar y temperatura ambiente

El aislamiento térmico debe protegerse para evitar deterioro por efectos de la intemperie y acumulación de humedad. Se recomienda que el recubrimiento sea de aluminio de calibre 26 como mínimo. El uso de recubrimiento de lámina galvanizada debe ser con pinturas resistentes a la corrosión. En el caso de elastómeros, se deben recubrir con pinturas impermeables capaces de soportar las condiciones de radiación y temperatura.

8.5.5 Vaso de expansión

En sistemas de calentamiento solar de agua cerrados, los vasos de expansión serán de tipo cerrado y deberán contar con una placa que contenga la siguiente información:

- Modelo
- Marca
- Fabricante
- Año de fabricación
- Volumen (litros)
- Presión máxima de trabajo (Bar)
- Temperatura máxima de operación (°C)

En caso de que la temperatura de operación del vaso de expansión sea inferior a 100°C, se deberán tomar medidas para la protección del mismo para que no se introduzca fluido de trabajo caliente.

Es recomendable precargar los vasos de expansión con nitrógeno.

El volumen del vaso de expansión debe ser capaz de contener el volumen del fluido de trabajo en el sistema de captación y en el circuito hidráulico que esté por encima de la base del sistema de captación.

Para el cálculo del vaso de expansión será usada la siguiente expresión:

$$V_{VE} = V_t \times C_e + V_{vap} + V_r \times \left(\frac{PM+1}{PM-Pm} \right) |m^3|$$

Ecuación 13

Donde

V_{VE} = Volumen de Vaso de expansión (m^3)

V_t = Volumen total de fluido en el sistema (m^3)

C_e = Coeficiente de expansión

V_{vap} = Volumen debido a la formación de vapor (m^3)

V_r = Volumen de respaldo (5L)

PM = Presión máxima calculada como 90% de la presión de válvula de alivio (Pa)

Pm = Presión mínima (Pa)

No debe existir ninguna obstrucción entre el sistema de captación y el vaso de expansión.

8.5.6 Bomba

La bomba debe llevar una placa que indique:

- Marca
- Modelo
- Fabricante
- Potencia

Las bombas pueden ser de tipo línea de rotor seco o rotor húmedo y deberán ser resistentes a la corrosión, temperatura y compatibles con el fluido de trabajo. Se instalarán en la parte más fría del circuito hidráulico.

En el caso de sistemas para albercas, el equipo solar no debe interferir el sistema de filtrado de la alberca.

8.5.6.1 Caudal

El caudal de diseño del circuito primario se define por el caudal específico por m^2 del colector seleccionado multiplicado por el área de captación del colector y en función del tipo de bancos en paralelo y en serie.

La selección y cálculo de la potencia de la bomba se debe realizar conociendo el flujo total de agua requerido por todos los colectores solares y la Carga Dinámica Total (CDT) de la red hidráulica, con ayuda de las curvas características proporcionadas por el fabricante de bombas. El cálculo de la Carga Dinámica Total de la red hidráulica se hace mediante el cálculo por separado de las pérdidas en las tuberías y accesorios, en cada uno de los circuitos paralelos con su carga estática (altura del equipo solar más alto o bien el punto más alto de la red de tuberías) y se tomará el circuito más desfavorable (la carga dinámica total mayor). Para el caso de albercas, en el cálculo de la CDT se deben considerar también las pérdidas en las tuberías y accesorios de succión (válvulas, trampa de hojas, etc.), filtro cuando está sucio (normalmente $0,7 \text{ kg/cm}^2$) y las pérdidas en la caldera y en las boquillas de retorno de agua caliente a la alberca.

8.5.7 Intercambiador de calor

El intercambiador de calor está definido por la potencia nominal del sistema de captación de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P_{int} \geq 0.75 * P_{nom} \text{ Ecuación 19}$$

8.5.7.1 Externo

El caudal de diseño del circuito secundario no podrá ser menor al 10% del caudal del circuito primario, ni mayor que éste.

La caída de presión del intercambiador de calor no deberá ser mayor al 10% de la presión de operación del sistema.

El intercambiador de calor deberá llevar una placa visible con la siguiente información:

- Modelo
- Marca
- Fabricante
- Temperatura máxima
- Presión nominal
- Potencia nominal
- Caudal nominal en primario y secundario
- Salto de temperatura nominal en primario y secundario

Los materiales aceptados para intercambiadores de calor externos son acero inoxidable y cobre. Los intercambiadores pueden ser de placas desmontables o electrosoldadas.

8.5.7.2 En el termostanque

En este caso, la placa del termostanque también incluirá los siguientes datos:

- Área de intercambio térmico
- Presión máxima en el circuito primario
- Temperatura máxima de trabajo en circuito primario

Los materiales aceptados para intercambiadores de calor interno son: acero inoxidable y cobre. Los intercambiadores internos pueden ser de serpentín o doble envolvente.

8.5.8 Temperaturas del sistema hidráulico

8.5.8.1 Temperaturas máximas

La temperatura máxima que deben soportar todos los componentes del sistema hidráulico cercanos al captador está determinada por la temperatura de estancamiento.

Las temperaturas máximas en los componentes se presentan por las siguientes condiciones:

- Temperatura de estancamiento en el sistema de captación y sistema hidráulico por encima de la parte más baja del sistema de captación.
- Temperatura de saturación del fluido de trabajo en el circuito hidráulico desde el sistema de captación hasta el vaso de expansión. Se debe considerar para el diseño una temperatura mínima de 140°C.
- Temperatura máxima en el resto del sistema que para su diseño debe considerarse como mínimo de 110°C.

8.5.8.2 Protección por agua caliente

Para el caso de agua caliente sanitaria se deben incluir componentes para que el agua de consumo nunca exceda los 60°C, tales como válvulas de mezclado o cualquier otro dispositivo que entregue agua a no más de 60°C.

Todos los componentes del circuito que operen a más de 60°C deben contar con aislamiento para evitar quemaduras por contacto.

8.5.8.3 Temperaturas mínimas

Las condiciones mínimas de temperatura del sistema deben considerar las condiciones de temperatura ambiente mínima registrada en la localidad y la temperatura de suministro de agua fría.

8.5.9 Presión

Se debe considerar la presión máxima de operación de cada uno de los componentes del sistema.

El colector solar, tanque y accesorios de instalación seleccionados deberán resistir como mínimo 1.5 veces la presión máxima de trabajo de la red hidráulica del hotel, circuito de alberca o instalación

La presión máxima del circuito hidráulico está dada por la presión de apertura de la válvula de seguridad, que en ningún caso será mayor a la presión nominal de los componentes del sistema y con un margen de seguridad del 10%.

La presión máxima se da en condiciones de estancamiento, con la cual se diseñará el vaso de expansión. Se debe, también, considerar la presión de suministro de agua fría.

8.5.9.1 Presión máxima en el circuito

En condiciones de estancamiento se genera vapor, lo cual provoca el desplazamiento del fluido de trabajo, el cual tiene que ser desplazado al vaso de expansión.

El sistema de captación e hidráulico debe considerar:

- Temperatura de vaporización
- Volumen del fluido de trabajo en el sistema de captación
- Tipos de colector y configuración del campo de colectores

8.6 SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO

Todas las instalaciones deben contar con un sistema de control y monitoreo automático.

Los controles automáticos sirven para hacer más eficiente el proceso de captación solar, en ningún caso se permite un control manual para arrancar y parar una bomba de recirculación.

Los medidores de flujo y temperatura sirven para evaluar de manera rápida cómo se comporta el sistema y deben ser instalados en sistemas con un área mayor a 50 m² de colectores solares.

8.6.1 Controles electrónicos diferenciales

Se deben utilizar controles electrónicos diferenciales que arranquen y paren, ya sea la bomba en el caso de albercas, o el recirculador en sistemas por circulación forzada. Tienen dos sensores de temperatura, uno se coloca en la parte superior de los colectores solares y el otro, para detectar la temperatura del agua a calentar, se coloca en la parte inferior del tanque de almacenamiento solar, en el caso de circulación forzada, o bien en la descarga de la bomba del filtro en el caso de las albercas.

Deben estar graduados de tal forma que cuando la diferencia de temperaturas entre el colector solar y la del agua a calentar sea de 5 o 7 °C, arranquen la bomba.

Se debe parar la bomba cuando la diferencia de temperaturas del punto anterior disminuya a 2 o 3 °C.

Los controles deben arrancar la bomba de sistemas de circulación forzada cuando la temperatura de los colectores solares baje a 7 °C y parar cuando lleguen a 11°C evitando con esto el riesgo por congelación.

Los controles diferenciales admiten una corriente eléctrica relativamente baja, deben de conectarse con un contacto o arrancador magnético, para evitar que la corriente de la bomba pase directamente por ellos.

En todos los casos la bomba debe estar protegida térmicamente con un dispositivo eléctrico adecuado, según NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN), debiéndose además aterrizar su carcasa a una tierra física.

Se deberá asegurar que los cables que unen los diferentes elementos eléctricos del sistema no tengan empalmes, pues este tipo de unión va perdiendo propiedades de conducción eléctrica debido a la oxidación formada con el paso del tiempo. Las conexiones deberán hacerse con soldadura de estaño para que el contacto eléctrico sea perfecto y duradero.

Cuando se instalen sistemas abiertos, el sistema a utilizar debe soportar una presión tal que permitan traspasar la presión de la red de agua fría sanitaria, a la red de agua caliente sanitaria. (Es decir, que ambas redes puedan operar a la misma presión hidrostática para evitar problemas en el mezclado en regaderas que generen problemas al usuario final).

Las bombas utilizadas en condiciones ambientales de alta salinidad, deberán estar especificadas para este fin.

8.6.2 Medidores de flujo y temperatura

En todo caso deberán hacerse mediciones de temperatura y flujo, no obstante:

- En sistemas pequeños cerrados menores a 50m² se permitirá el uso de controladores diferenciales que estimen el caudal.
- Para sistemas cerrados de más de 50m² será necesario el uso de caudalímetros así como para el caso de sistemas abiertos con más de 100m².

En los sistemas de calefacción de albercas y de circulación forzada de más de 50 m² de colectores solares para agua caliente, se tiene que instalar un termómetro a la salida de agua fría, a los colectores solares y en el retorno de los mismos, mediante termopozos debidamente dimensionados al diámetro de la tubería de tal forma que detecten la temperatura del agua.

En el caso de sistemas de circulación forzada para calentamiento solar de agua, cuando el área de colectores exceda los 50 m², se tiene que instalar un medidor de flujo de agua en la entrada de agua fría al tanque de almacenamiento.

La incertidumbre para los equipos de medición de temperatura será de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ mientras que la del sistema de medición de flujo no será mayor al $\pm 1\%$.

8.7 PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS

8.7.1 Temperatura ambiente

Para efectos del presente documento, se considerará la temperatura media mensual del Anexo 3 Temperatura ambiente a 10 m de la superficie ($^{\circ}\text{C}$).

8.7.2 Irradiación global

Para los cálculos se utilizará la base de datos de irradiación del Anexo 4. Irradiación solar incidente en un plano horizontal ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$).

Para determinar la irradiación en un plano inclinado se obtendrá de acuerdo al siguiente inciso.

8.7.3 Determinación de la irradiancia en un plano inclinado

La irradiancia máxima se considera de $1,000 \text{ W/m}^2$, con la cual se determina la potencia máxima del sistema y la temperatura de estancamiento del sistema.

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



La relación entre la irradiancia horaria y la irradiación diaria (r_t) se calcula de acuerdo al método de Manuel Collares Pereira y Rabl (1979) (ESTIMATION OF HOURLY RADIATION FROM DAILY

DATA). En donde $r_t = \frac{I}{H}$, se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$r_t = \frac{\pi}{24} \frac{(a+b \cos \omega) (\cos \omega - \cos \omega_s)}{(\sin \omega_s - \omega_s \cos \omega_s)} \text{ Ecuación 20}$$

En donde a y b están dadas por:

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60) \text{ Ecuación 21}$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60) \text{ Ecuación 22}$$

La radiación difusa:

$$r_d = \frac{I_d}{H_d} \text{ Ecuación 23}$$

$$r_d = \frac{\pi}{24} \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\left(\sin \omega_s - \frac{\pi \omega_s}{180} \cos \omega_s\right)} \text{ Ecuación 24}$$

Angulo al alba y al ocaso ω_s :

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan(\phi) \tan(\delta)) \text{ Ecuación 25}$$

La declinación solar (δ) se puede calcular usando la siguiente formula:

$$\delta(n) = 23.45 \sin\left(\frac{360}{365}(284 + n)\right) \text{ Ecuación 26}$$

En donde n es el día del año correspondiente a la fecha de evaluación ($n=1$ para el primero de enero).

Tabla 5 Día promedio mensual y declinación⁹

Mes	Días por mes	Día del mes	n	δ
Enero	31	17	17	(20.92)
Febrero	28	16	47	(12.95)
Marzo	31	16	75	(2.42)
Abril	30	15	105	9.41
Mayo	31	15	135	18.79
Junio	30	11	162	23.09
Julio	31	17	198	21.18
Agosto	31	16	228	13.45
Septiembre	30	15	258	2.22
Octubre	31	15	288	(9.60)
Noviembre	30	14	318	(18.91)
Diciembre	31	10	344	(23.05)

Para determinar la correlación de la fracción difusa para $\omega_s \leq 81.4^\circ$ y $0.3 \leq K_T \leq 0.8$ se utiliza la siguiente expresión¹⁰:

$$\frac{\bar{H}_d}{H} = 1.391 - 3.560\bar{K}_T + 4.189\bar{K}_T^2 - 2.137\bar{K}_T^3 \quad \text{Ecuación 27}$$

Y para $\omega_s > 81.4^\circ$ and $0.3 \leq K_T \leq 0.8$

$$\frac{\bar{H}_d}{H} = 1.311 - 3.022\bar{K}_T + 3.427\bar{K}_T^2 - 1.821\bar{K}_T^3 \quad \text{Ecuación 28}$$

$$\begin{aligned} \cos\theta = \text{sen } \delta \text{ sen } \phi \cos \beta - \text{sen } \delta \cos \phi \text{ sen } \beta \cos \gamma + \\ \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \cos \phi \text{ sen } \beta \cos \gamma \cos \omega + \\ \cos \delta \cos \beta \text{ sen } \gamma \text{ sen } \omega \quad \text{Ecuación 29} \end{aligned}$$

El ángulo cenital se calcula con la $\cos \theta_z = \text{sen } \delta \text{ sen } \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega$ Ecuación , que se muestra a continuación

⁹ (John A. Duffie, 2013)

¹⁰ (Solartronic S.A. de C.V., 2003)

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad \text{Ecuación 30}$$

8.8 EVALUACIÓN DE LA APORTACIÓN SOLAR

Para sistemas prefabricados de circulación natural:

Deberán cumplir con lo establecido en la norma NMX-ES-004-NORMEX-2010 ENERGÍA SOLAR - EVALUACIÓN TÉRMICA DE SISTEMAS SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA y la NMX-ES-003-NORMEX-2007 ENERGÍA SOLAR- REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS, PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.

Para sistemas de circulación forzada diseñados a la medida, como son:

- Sistemas de calentamiento solar de agua sanitaria
- Sistemas de calentamiento de agua de albercas
- Sistemas de precalentamiento

Se deberán considerar, como obligatorios, los aspectos expuestos en el presente documento. Los colectores solares deberán presentar el cumplimiento con lo establecido en la norma NMX-ES-001-NORMEX-2005. Adicionalmente, las instalaciones deben cumplir lo establecido en la NMX-ES-003-NORMEX-2008 ENERGÍA SOLAR- REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS, PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.

Para sistemas diseñados a la medida:

Los cálculos de la aportación solar se evaluarán con el método F Chart, el cual proporciona un medio para la estimación de la fracción de energía total de calentamiento de agua suministrado por el sistema de calentamiento solar de agua.

En el método F Chart es una correlación de los resultados de cientos de simulaciones de sistemas de calentamiento solar de agua y calefacción. Las condiciones de simulación fueron determinadas en rangos de diseño para diversos sistemas. Y las correlaciones resultantes determinan la fracción de aportación solar como una función de dos parámetros adimensionales. El primer parámetro está relacionado con las pérdidas de calor y el segundo con la relación de la irradiación solar absorbida por el sistema.

Los rangos de parámetros de diseño utilizados en el desarrollo de las correlaciones para este sistema también se muestran a continuación (John A. Duffie, 2013):

$$\begin{aligned} 0.6 &\leq (\tau\alpha)_n \leq 0.9 \\ 5 &\leq F'_{RAc} \leq 120 \text{ m}^2 \\ 2.1 &\leq U_L \leq 8.3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$30 \leq \beta \leq 90^\circ$$

$$83 \leq (UA)_n \leq 667 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Simulaciones detalladas de estos sistemas se han utilizado para desarrollar correlaciones entre variables y f adimensionales, la fracción mensual de cargas transportadas por la energía solar. Los dos grupos adimensionales son¹¹:

$$X = \frac{A_c \overline{F'}_R U_L (T_{ref} - T_a) \Delta t}{L} \text{ Ecuación 31}$$

$$Y = \frac{A_c F'_R (\overline{\tau\alpha}) H_T N}{L} \text{ Ecuación 32}$$

A_c = Área del colector (m^2) F'_R

$\overline{F'}_R$ = Factor de remoción del colector

U_L = Coeficiente global de pérdidas ($\text{W}/\text{m}^2\text{}^\circ\text{C}$)

Δt = Total de segundos en el mes

T_a = Temperatura ambiente promedio mensual ($^\circ\text{C}$)

T_{ref} = temperatura de referencia empírica (100°C)

L = Carga térmica mensual

H_T = Irradiación promedio mensual incidente en la superficie de colector por unidad de área (J/m^2)

N = días en el mes

$\overline{\tau\alpha}$ = promedio mensual de transmitancia – absortancia

La ecuación se puede escribir como:

$$X = F'_R U_L * \frac{F'_R}{F_R} * (T_{ref} - \overline{T_a}) * \Delta t * \frac{A_c}{L} \text{ Ecuación 33}$$

$$Y = F'_R (\tau\alpha)_n * \frac{F'_R}{F_R} * \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} * \overline{H_T} N * \frac{A_c}{L} \text{ Ecuación 34}$$

Por último, para sacar la fracción f , se sustituyen X y Y en la siguiente formula

$$f = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^2 \text{ Ecuación 35}$$

¹¹ (John A. Duffie, 2013)

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Para sistemas de más de 120 m² de área de captación se tienen que entregar los informes del diseño del sistema de alguno de los siguientes softwares comerciales:

- Trnsys (www.trnsys.com)
- Polysun (www.velasolaris.com)
- T*SOL (www.valentin.de)
- SIMSOL (www.simsol.com)
- CenSOL (www.censolar.es)
- Programas similares de diseño de sistemas de calentamiento solar de agua, y con previo acuerdo con la Conuee.

8.9 DOCUMENTACIÓN NECESARIA

La Conuee evaluará las propuestas de los proveedores con base a la documentación enlistada en el Anexo 1 Documentación, la cual se hará llegar en papel y en archivos digitales.

8.9.1 Garantías y Fianzas

El proveedor del sistema de calentamiento solar de agua entregará por escrito, al usuario, la póliza de garantía.

La póliza de garantía debe contener como mínimo las siguientes consideraciones:

- Tiempo de cobertura
 - De funcionamiento – Cobertura de 5 años
 - Contra defectos de fabricación y vicios ocultos - Cobertura de 5 años
 - De los componentes
 - 2 años para componentes electromecánicos (bombas y control)
 - 5 años para el resto de los componentes
- Especificaciones puntuales sobre la cobertura
- Situaciones en donde la garantía no procede
 - Fenómenos climatológicos extraordinarios como: sismos, huracanes, incendios, etc.
 - Mala operación del sistema
 - Reparaciones de personal no autorizado
 - Descargas eléctricas
- Procedimiento para hacer válida la garantía
- Daños colaterales que cubre o no cubre la garantía
- Documentos necesarios para hacer válida la garantía
- Teléfonos de contacto para reclamar la garantía.

El proveedor entregará una fianza por el tiempo que dure el crédito.

Se solicitará al proveedor garantice un mes de prueba, como servicio post-venta, después de la puesta en marcha del SCSA, para realizar la correcta verificación de operación del mismo.

8.9.2 Manual de operación y mantenimiento

El proveedor del sistema de calentamiento solar de agua entregará por escrito, al usuario, el manual de operación y mantenimiento, el cual deberá contener, como mínimo, lo siguiente:

- Generalidades
- Descripción general del sistema
- Diagrama del sistema
- Indicaciones de operación del sistema en modo automático y manual
- Recomendaciones para la limpieza
- Frecuencia de los servicios preventivos, especificado por componente
- Lista de los problemas comunes de operación y soluciones
- Teléfono de contacto para consultas técnicas

Además del manual de operación y mantenimiento, el proveedor tendrá que realizar una capacitación al personal de mantenimiento del hotel sobre la operación del sistema de calentamiento solar de agua.

9 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para determinar el impacto económico, el proveedor entregará los siguientes datos

- Precio del sistema
- Precio de la instalación
- Tiempo requerido para la instalación
- Precio y tipo de energético actualmente utilizado.

Para el cálculo de los ahorros económicos por el uso del sistema solar se utilizará la fracción de energía solar útil aportada por el sistema, el cual se obtendrá de la evaluación de la aportación solar especificado en este documento, dividido entre la eficiencia actual del sistema de calentamiento y multiplicado por el precio del energético actualmente utilizado, como se muestra a continuación:

MES	FRACCIÓN SOLAR / EFICIENCIA DEL SISTEMA ACTUAL (MJ)	PRECIO (PESOS / MJ)	AHORRO (PESOS)
ENERO			
FEBRERO			
MARZO			
ABRIL			
MAYO			
JUNIO			
JULIO			
AGOSTO			
SEPTIEMBRE			

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



OCTUBRE
NOVIEMBRE
DICIEMBRE

Una vez obtenido el ahorro mensual, se determina el periodo simple de retorno de inversión dividiendo el precio total del sistema (precio de sistema + precio de la instalación) entre el ahorro anual.

Las condiciones específicas de la evaluación financiera se especificarán en el manual operativo del Proyecto. Y con lo cual se determinará los indicadores que a continuación se muestran.

Indicadores económicos

- Valor presente neto

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} + S_0 \text{ Ecuación 36}$$

Dónde:

S_0 = Inversión inicial (M\$)

S_t = Flujo de efectivo neto del período t (M\$)

n = Número de períodos de vida del proyecto

i = Tasa de recuperación mínima

t = Vida económica del proyecto (5 años)

- Saldo anual descontado

$$SAD(0) = VP(0) \text{ Ecuación 37}$$

$$SAD(1) = VP(1) + SAD(0) \text{ Ecuación 38}$$

$$SAD(n) = VP(n) + SAD(n - 1) \text{ Ecuación 39}$$

- Periodo simple de retorno de inversión

$$PSRI = 1 + [SAD(1)/VP(2)] \text{ Ecuación 40}$$

- Tasa interna de retorno

$$0 = \text{Saldo total} \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+TIR)^n} - \text{Inversión Ecuación 41}$$

10 EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

10.1 CÁLCULO DE GEI EVITADO.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), especifica los métodos para estimar las emisiones procedentes de combustión estacionaria; hay tres métodos y su elección depende de la información y modelos disponibles.

- Nivel 1: quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía y de los factores por defecto de emisión;
- Nivel 2: quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía, junto con los factores de emisión específicos del país, en lo posible, derivados de las características nacionales del combustible, y
- Nivel 3: estadísticas del combustible y datos relativos a las tecnologías de combustión aplicados juntamente con los factores de emisión específicos de la tecnología; incluye el uso de modelos y datos de las emisiones del nivel de las instalaciones, si están disponibles.

Para cuantificar los GEI no emitidos por el programa se tiene que seguir la metodología de Nivel 1, ya que no se cuenta con los factores de emisión específicos ni datos relativos a las tecnologías de combustión. Para aplicar una estimación de emisión de Nivel 1 se requiere lo siguiente para cada categoría de fuente y combustible:

- Datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente, y
- Un factor de emisión por defecto.

Los factores de emisión provienen de los valores por defecto suministrados junto con el rango de incertidumbre correspondiente. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{\text{gases efecto invernadero}} = \text{Consumo combustible}_{\text{combustible}} \times \text{Factor de emisión}_{\text{GEI,combustible}} \text{ Ecuación 42}$$

Dónde:

- Emisiones_{GEI combustible} = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI)
- Consumo combustible_{combustible} = cantidad de combustible quemado (TJ)

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



- Factor de emisión $_{GEI,combustible}$ = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ). Para el caso del CO₂, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1.

Tabla 6 Factores de emisión por defecto

ENERGÉTICO	CO ₂ KG / MWH	CH ₄ KG / MWH	N ₂ O KG / MWH
BIOMASA	-	0.1152	0.0144
CARBÓN	340.56	0.0072	0.0108
COMBUSTOLEO	278.64	0.0108	0.0072
DIESEL	266.76	0.0072	0.0072
ELECTRICIDAD	198.00	0.0126	0.0007
GAS LP	227.16	0.0036	0.0036
GAS NATURAL	201.96	0.0108	0.0036

Fuente: Elaboración propia con datos de IPCC 2006

En donde: 1 tonelada CH₄ = 21 tonelada de CO₂ eq y 1 tonelada N₂O = 310 tonelada CO₂ eq

Para calcular el total de emisiones por gas de la categoría de fuente, se suman las emisiones calculadas para todos los combustibles:

$$Emisiones_{GEI} = \sum_{combustibles} Emisiones_{GEI,combustible} \text{ Ecuación 43}$$

Con el fin de poder determinar el calor útil entregado se utilizará la información almacenada en el sistema de control y monitores de cada uno de los sistemas, dicha información será la base para elaborar el reporte de emisiones de gases de efecto invernadero evitadas.

Por tal motivo, como parte del financiamiento, se entenderá que el hotel entregará la información recabada en el sistema de control y monitoreo cuando se le sea solicitado.

11 BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional . (2014). *Normales Climatológicas por Estación*. Obtenido de <http://smn.cna.gob.mx/>
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. (Agosto de 2007). Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (ProcalSol). México.
- Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética. (28 de Agosto de 2014). EC0473. *Instalación del sistema de calentamiento solar de agua de circulación forzada con termotanque*.
- Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar. (2005). NMX-ES-001-NORMEX-2005. *ENERGÍA SOLAR- RENDIMIENTO TÉRMICO Y FUNCIONALIDAD DE COLECTORES SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA- MÉTODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO*.
- Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar. (2006). NMX-ES-002-NORMEX-2006. *ENERGÍA SOLAR- DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA*.
- Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar. (2008). NMX-ES-003-NORMEX-2008. *ENERGÍA SOLAR- REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS, PARA CALENTAMIENTO DE AGUA*.
- Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar. (2010). NMX-ES-004-NORMEX-2010. *ENERGÍA SOLAR - EVALUACIÓN TÉRMICA DE SISTEMAS SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA*.
- Comité Técnico para la Promoción de Calentadores Solares en México. (25 de Octubre de 2011). Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda.
- Dorantes, R., López, A., Salazar, C., & González, H. (Abril de 2012). Diseño térmico del campo de calentadores solares de la alberca de la primaria Ejército Mexicano. México.
- Fideicomiso de Riesgo Comparado . (Marzo de 2012). Sistemas térmicos solares en Agronegocios .
- IDAE. (s.f.). Plan de Energías Renovables en España 2005 - 2010 . *Sector Solar Térmica*.
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (enero de 2009). Instalaciones de Energía Solar Térmica. *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*. MADRID, España. Obtenido de www.idae.es
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. (*CAPÍTULO 2 COMBUSTIÓN ESTACIONARIA*).
- John A. Duffie, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (Fourth ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Metodología de cálculo para sistemas solares térmicos. (s.f.). Barcelona, España. Obtenido de www.aiguasol.coop

NASA, Applied Science Program in the Science Mission Directorate . (2014). *Surface meteorology and Solar Energy*. Obtenido de Prediction of Worldwide Energy Resource Project: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

RETScreen® International. (2004). SOLAR WATER HEATING PROJECT ANALYSIS. (M. o. 2004, Ed.) Canada.

Secretaría de Energía. (30 de noviembre de 2010). LISTA de combustibles que se considerarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como sus factores para determinar las equivalencias en términos de barriles equivalentes de petróleo.

Secretaría de Medio Ambiente . (7 de Abril de 2006). NADF-008-AMBT-2005. *Especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderias y tintorerías*. Distrito Federal , México .

ANEXO 1 DOCUMENTACIÓN

Lista de documentos que deben acompañar la propuesta técnica financiera

- Excel de registro de propuesta (*con datos capturados*)
- Documento que acredite las pruebas especificadas en la NMX-ES-001-NORMEX-2005
- Documento que acredite las pruebas especificadas en el DTSTV o en la NMX-ES-004-NORMEX-2010
- Imagen de la etiqueta técnica del sistema
- Justificación técnica de intemperismo
- Diagrama isométrico del campo de colectores
- Diagrama unifilar del sistema de calentamiento solar
- Memoria de cálculo de campo de colectores
- Garantía de estructura
- Imagen de la etiqueta técnica del termo tanque
- Ficha técnica del termo tanque
- Diagrama de instalación del termo tanque
- Diagrama isométrico del termo tanque
- Diagrama unifilar del termo tanque
- Memoria de cálculo de termo tanque
- Memoria de cálculo de tubería
- Memoria de cálculo de todos los componentes integrados en la tubería
- Especificaciones técnicas del sistema de control y monitoreo
- Justificación del sistema de monitoreo propuesto
- Diagrama unifilar de la instalación del sistema de monitoreo
- Memoria de cálculo para determinar la irradiancia en el plano inclinado
- Evaluación F-Chart
- Informe de diseño del sistema

Campo obligatorio para sistemas mayores a 120 m² se tiene que entregar el informe de diseño de sistema en alguno de los siguiente softwares comerciales

- Justificación técnica de resistencia a la calidad del agua
- Garantías (De funcionamiento, Contra defectos de fabricación y vicios ocultos y, De los componentes)
- Manual de operación y de mantenimiento del SCSA propuesto
- Evaluación económica del sistema de calentamiento solar de agua propuesto
- Plan de instalación
- Capacitación a personal de mantenimiento sobre la operación del sistema de calentamiento solar de agua

ANEXO 2 UBICACIÓN DE LAS PRINCIPALES CIUDADES

Ciudad	Estado	Latitud	Longitud
Campeche	Campeche	19.853	(90.531)
Ciudad del Carmen	Campeche	18.652	(91.802)
Champotón	Campeche	19.356	(90.723)
Escárcega	Campeche	18.607	(90.734)
Calkiní	Campeche	20.373	(90.051)
Dzitbalché	Campeche	20.317	(90.050)
Hecelchakán	Campeche	20.178	(90.136)
Candelaria	Campeche	18.000	(90.750)
Seybaplaya	Campeche	19.650	(90.711)
Pomuch	Campeche	20.137	(90.174)
Cancún	Quintana Roo	21.134	(86.747)
Chetumal	Quintana Roo	18.507	(88.302)
Playa del Carmen	Quintana Roo	20.630	(87.067)
Cozumel	Quintana Roo	20.507	(86.951)
Isla Mujeres	Quintana Roo	21.239	(86.738)
Akumal	Quintana Roo	20.397	(87.314)
Playacar	Quintana Roo	20.616	(87.085)
Bacalar	Quintana Roo	18.677	(88.395)
Holbox	Quintana Roo	21.522	(87.377)
Dziuché	Quintana Roo	19.898	(88.807)
Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo	19.579	(88.045)
José María Morelos	Quintana Roo	19.746	(88.713)
Kantunilkín	Quintana Roo	21.103	(87.488)
La Unión	Quintana Roo	17.897	(88.881)
Leona Vicario	Quintana Roo	20.992	(87.203)
Mahahual	Quintana Roo	18.714	(87.709)
Isla Mujeres	Quintana Roo	21.233	(86.733)
Puerto Morelos	Quintana Roo	20.854	(86.875)
Punta Allen	Quintana Roo	19.800	(87.476)
Xcalak	Quintana Roo	18.271	(87.836)
Tulum	Quintana Roo	20.212	(87.466)
Puerto Aventuras	Quintana Roo	20.512	(87.234)
Mérida	Yucatán	20.967	(89.624)
Chichen-Itza	Yucatán	20.684	(88.568)
Uxmal	Yucatán	20.360	(89.771)
Valladolid	Yucatán	20.687	(88.211)
Celestún	Yucatán	20.859	(90.400)
Izamal	Yucatán	20.931	(89.018)
Progreso	Yucatán	21.283	(89.664)

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Al servicio
de las personas
y las naciones



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Umán	Yucatán	20.883	(89.750)
Chelem	Yucatán	21.267	(89.750)
Chicxulub Puerto	Yucatán	21.294	(89.608)
Dzidzantún	Yucatán	21.247	(89.042)

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



ANEXO 3 TEMPERATURA AMBIENTE A 10 M DE LA SUPERFICIE (°C)

Ciudad	Estado	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Campeche	Campeche	23.32	24.54	26.22	27.27	27.79	27.29	27	27.04	26.86	26.01	24.9	23.71
Ciudad del Carmen	Campeche	23.16	24.63	26.35	27.52	27.74	27.09	26.72	26.86	26.58	25.66	24.64	23.46
Champotón	Campeche	23.32	24.54	26.22	27.27	27.79	27.29	27	27.04	26.86	26.01	24.9	23.71
Escárcega	Campeche	22.98	24.51	26.24	27.26	27.5	26.81	26.43	26.54	26.33	25.4	24.32	23.19
Calkiní	Campeche	23.17	24.1	25.63	26.78	27.6	27.41	27.17	27.23	27.1	26.3	25.09	23.72
Dzitbalché	Campeche	23.17	24.1	25.63	26.78	27.6	27.41	27.17	27.23	27.1	26.3	25.09	23.72
Hecelchakán	Campeche	23.17	24.1	25.63	26.78	27.6	27.41	27.17	27.23	27.1	26.3	25.09	23.72
Candelaria	Campeche	22.98	24.51	26.24	27.26	27.5	26.81	26.43	26.54	26.33	25.4	24.32	23.19
Seybaplaya	Campeche	23.32	24.54	26.22	27.27	27.79	27.29	27	27.04	26.86	26.01	24.9	23.71
Pomuch	Campeche	23.17	24.1	25.63	26.78	27.6	27.41	27.17	27.23	27.1	26.3	25.09	23.72
Cancún	Quintana Roo	24.34	24.54	24.9	25.62	26.65	27.34	27.38	27.52	27.52	27.1	26.2	25.09
Chetumal	Quintana Roo	23.19	24.19	25.55	26.44	26.88	26.78	26.41	26.52	26.5	25.8	24.73	23.6
Playa del Carmen	Quintana Roo	22.95	23.62	24.85	25.95	26.68	26.86	26.67	26.74	26.62	25.85	24.72	23.48
Cozumel	Quintana Roo	24.63	24.82	25.19	25.89	26.79	27.36	27.35	27.47	27.48	27.12	26.33	25.32
Isla Mujeres	Quintana Roo	24.34	24.54	24.9	25.62	26.65	27.34	27.38	27.52	27.52	27.1	26.2	25.09
Akumal	Quintana Roo	22.95	23.62	24.85	25.95	26.68	26.86	26.67	26.74	26.62	25.85	24.72	23.48
Playacar	Quintana Roo	22.95	23.62	24.85	25.95	26.68	26.86	26.67	26.74	26.62	25.85	24.72	23.48
Bacalar	Quintana Roo	23.19	24.19	25.55	26.44	26.88	26.78	26.41	26.52	26.5	25.8	24.73	23.6
Holbox	Quintana Roo	23.55	23.96	24.73	25.62	26.55	27	26.98	27.11	27.03	26.45	25.41	24.21
Dziuché	Quintana Roo	22.86	23.9	25.56	26.63	27.11	26.86	26.52	26.6	26.5	25.67	24.48	23.24
Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo	22.86	23.9	25.56	26.63	27.11	26.86	26.52	26.6	26.5	25.67	24.48	23.24
José María Morelos	Quintana Roo	22.86	23.9	25.56	26.63	27.11	26.86	26.52	26.6	26.5	25.67	24.48	23.24
Kantunilkin	Quintana Roo	23.55	23.96	24.73	25.62	26.55	27	26.98	27.11	27.03	26.45	25.41	24.21
La Unión	Quintana Roo	23.25	24.12	25.25	26.04	26.47	26.56	26.16	26.29	26.32	25.69	24.72	23.7
Leona Vicario	Quintana Roo	22.95	23.62	24.85	25.95	26.68	26.86	26.67	26.74	26.62	25.85	24.72	23.48
Mahahual	Quintana Roo	24.45	24.87	25.59	26.34	26.95	27.22	27.03	27.17	27.17	26.7	25.89	24.96
Isla Mujeres	Quintana Roo	24.34	24.54	24.9	25.62	26.65	27.34	27.38	27.52	27.52	27.1	26.2	25.09
Puerto Morelos	Quintana Roo	24.63	24.82	25.19	25.89	26.79	27.36	27.35	27.47	27.48	27.12	26.33	25.32
Punta Allen	Quintana Roo	23.18	23.87	25.12	26.17	26.76	26.88	26.64	26.73	26.66	25.92	24.84	23.67
Xcalak	Quintana Roo	24.45	24.87	25.59	26.34	26.95	27.22	27.03	27.17	27.17	26.7	25.89	24.96
Tulum	Quintana Roo	22.95	23.62	24.85	25.95	26.68	26.86	26.67	26.74	26.62	25.85	24.72	23.48
Puerto Aventuras	Quintana Roo	22.95	23.62	24.85	25.95	26.68	26.86	26.67	26.74	26.62	25.85	24.72	23.48
Mérida	Yucatán	22.7	23.95	25.85	26.99	27.6	27.16	26.81	26.82	26.62	25.64	24.39	23.05
Chichen-Itza	Yucatán	22.63	23.63	25.31	26.48	27.1	26.96	26.66	26.69	26.54	25.64	24.4	23.05
Uxmal	Yucatán	22.7	23.95	25.85	26.99	27.6	27.16	26.81	26.82	26.62	25.64	24.39	23.05
Valladolid	Yucatán	22.63	23.63	25.31	26.48	27.1	26.96	26.66	26.69	26.54	25.64	24.4	23.05
Celestún	Yucatán	23.17	24.1	25.63	26.78	27.6	27.41	27.17	27.23	27.1	26.3	25.09	23.72
Izamal	Yucatán	22.7	23.95	25.85	26.99	27.6	27.16	26.81	26.82	26.62	25.64	24.39	23.05

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Al servicio
de las personas
y las naciones



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Progreso	Yucatán	23.1	23.77	24.96	26	26.93	27.14	27.05	27.18	27.07	26.3	25.07	23.71
Umán	Yucatán	22.7	23.95	25.85	26.99	27.6	27.16	26.81	26.82	26.62	25.64	24.39	23.05
Chelem	Yucatán	23.1	23.77	24.96	26	26.93	27.14	27.05	27.18	27.07	26.3	25.07	23.71
Chicxulub Puerto	Yucatán	23.1	23.77	24.96	26	26.93	27.14	27.05	27.18	27.07	26.3	25.07	23.71
Dzidzantún	Yucatán	23.1	23.77	24.96	26	26.93	27.14	27.05	27.18	27.07	26.3	25.07	23.71

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

ANEXO 4. IRRADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN UN PLANO HORIZONTAL (KWH/M²/DÍA)

Ciudad	Estado	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Campeche	Campeche	4.59	5.45	6.21	6.75	6.92	6.68	6.66	6.54	6.06	5.29	4.75	4.24
Ciudad del Carmen	Campeche	4.4	5.18	6	6.54	6.62	6.47	6.6	6.38	5.73	5.05	4.58	4.06
Champotón	Campeche	4.59	5.45	6.21	6.75	6.92	6.68	6.66	6.54	6.06	5.29	4.75	4.24
Escárcega	Campeche	4.28	5.06	5.88	6.35	6.25	5.87	5.78	5.65	5.33	4.78	4.46	4.04
Calkiní	Campeche	4.58	5.44	6.29	6.9	7.26	7.01	7.12	6.94	6.29	5.41	4.78	4.21
Dzitbalché	Campeche	4.58	5.44	6.29	6.9	7.26	7.01	7.12	6.94	6.29	5.41	4.78	4.21
Hecelchakán	Campeche	4.58	5.44	6.29	6.9	7.26	7.01	7.12	6.94	6.29	5.41	4.78	4.21
Candelaria	Campeche	4.28	5.06	5.88	6.35	6.25	5.87	5.78	5.65	5.33	4.78	4.46	4.04
Seybaplaya	Campeche	4.59	5.45	6.21	6.75	6.92	6.68	6.66	6.54	6.06	5.29	4.75	4.24
Pomuch	Campeche	4.58	5.44	6.29	6.9	7.26	7.01	7.12	6.94	6.29	5.41	4.78	4.21
Cancún	Quintana Roo	4.27	5.23	6.08	6.82	6.86	6.39	6.78	6.54	5.77	5.13	4.47	3.97
Chetumal	Quintana Roo	4.06	4.85	5.5	6.04	5.85	5.32	5.34	5.24	4.92	4.6	4.21	3.86
Playa del Carmen	Quintana Roo	4.12	4.85	5.51	6.06	5.96	5.4	5.42	5.25	4.89	4.58	4.19	3.87
Cozumel	Quintana Roo	4.15	5.05	5.79	6.53	6.43	5.99	6.24	5.97	5.21	4.8	4.31	3.93
Isla Mujeres	Quintana Roo	4.27	5.23	6.08	6.82	6.86	6.39	6.78	6.54	5.77	5.13	4.47	3.97
Akumal	Quintana Roo	4.12	4.85	5.51	6.06	5.96	5.4	5.42	5.25	4.89	4.58	4.19	3.87
Playacar	Quintana Roo	4.12	4.85	5.51	6.06	5.96	5.4	5.42	5.25	4.89	4.58	4.19	3.87
Bacalar	Quintana Roo	4.06	4.85	5.5	6.04	5.85	5.32	5.34	5.24	4.92	4.6	4.21	3.86
Holbox	Quintana Roo	4.24	5.03	5.86	6.53	6.55	6.02	6.1	5.97	5.46	4.91	4.31	3.93
Dziuché	Quintana Roo	4.21	4.98	5.62	6.18	6.01	5.47	5.43	5.33	5.02	4.72	4.3	3.98
Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo	4.21	4.98	5.62	6.18	6.01	5.47	5.43	5.33	5.02	4.72	4.3	3.98
José María Morelos	Quintana Roo	4.21	4.98	5.62	6.18	6.01	5.47	5.43	5.33	5.02	4.72	4.3	3.98
Kantunilkín	Quintana Roo	4.24	5.03	5.86	6.53	6.55	6.02	6.1	5.97	5.46	4.91	4.31	3.93
La Unión	Quintana Roo	3.91	4.7	5.43	5.97	5.72	5.19	5.13	5.14	4.86	4.46	4.02	3.66
Leona Vicario	Quintana Roo	4.12	4.85	5.51	6.06	5.96	5.4	5.42	5.25	4.89	4.58	4.19	3.87
Mahahual	Quintana Roo	4.1	5.03	5.7	6.32	6.18	5.52	5.75	5.64	5.11	4.75	4.24	3.94
Isla Mujeres	Quintana Roo	4.27	5.23	6.08	6.82	6.86	6.39	6.78	6.54	5.77	5.13	4.47	3.97
Puerto Morelos	Quintana Roo	4.15	5.05	5.79	6.53	6.43	5.99	6.24	5.97	5.21	4.8	4.31	3.93
Punta Allen	Quintana Roo	4.14	4.91	5.48	6.03	5.84	5.31	5.52	5.36	4.89	4.63	4.19	3.95
Xcalak	Quintana Roo	4.1	5.03	5.7	6.32	6.18	5.52	5.75	5.64	5.11	4.75	4.24	3.94
Tulum	Quintana Roo	4.12	4.85	5.51	6.06	5.96	5.4	5.42	5.25	4.89	4.58	4.19	3.87
Puerto Aventuras	Quintana Roo	4.12	4.85	5.51	6.06	5.96	5.4	5.42	5.25	4.89	4.58	4.19	3.87
Mérida	Yucatán	4.25	4.97	5.77	6.35	6.31	5.87	5.9	5.71	5.36	4.78	4.33	3.98
Chichen-Itza	Yucatán	4.2	4.92	5.64	6.24	6.16	5.59	5.54	5.49	5.13	4.75	4.29	3.9
Uxmal	Yucatán	4.25	4.97	5.77	6.35	6.31	5.87	5.9	5.71	5.36	4.78	4.33	3.98
Valladolid	Yucatán	4.2	4.92	5.64	6.24	6.16	5.59	5.54	5.49	5.13	4.75	4.29	3.9
Celestún	Yucatán	4.58	5.44	6.29	6.9	7.26	7.01	7.12	6.94	6.29	5.41	4.78	4.21
Izamal	Yucatán	4.25	4.97	5.77	6.35	6.31	5.87	5.9	5.71	5.36	4.78	4.33	3.98

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Al servicio
de las personas
y las naciones



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Progreso	Yucatán	4.5	5.39	6.31	7	7.35	6.97	7.18	6.99	6.25	5.39	4.72	4.13
Umán	Yucatán	4.25	4.97	5.77	6.35	6.31	5.87	5.9	5.71	5.36	4.78	4.33	3.98
Chelem	Yucatán	4.5	5.39	6.31	7	7.35	6.97	7.18	6.99	6.25	5.39	4.72	4.13
Chicxulub Puerto	Yucatán	4.5	5.39	6.31	7	7.35	6.97	7.18	6.99	6.25	5.39	4.72	4.13
Dzidzantún	Yucatán	4.5	5.39	6.31	7	7.35	6.97	7.18	6.99	6.25	5.39	4.72	4.13

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

ANEXO 5 VELOCIDAD DEL VIENTO A 10 M DE LA SUPERFICIE (M/S)

Ciudad	Estado	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Campeche	Campeche	3.46	3.58	3.59	3.35	2.88	2.95	3.18	2.54	2.7	3.14	3.49	3.76
Ciudad del Carmen	Campeche	3.18	3.21	3.18	2.83	2.49	2.53	2.83	2.35	2.35	2.77	3.09	3.37
Chamotón	Campeche	3.46	3.58	3.59	3.35	2.88	2.95	3.18	2.54	2.7	3.14	3.49	3.76
Escárcega	Campeche	2.99	3.03	3.02	2.74	2.36	2.48	2.74	2.16	2.2	2.59	2.93	3.25
Calkiní	Campeche	3.93	4.12	4.16	3.91	3.44	3.44	3.58	2.95	3.25	3.73	4.08	4.29
Dzitbalché	Campeche	3.93	4.12	4.16	3.91	3.44	3.44	3.58	2.95	3.25	3.73	4.08	4.29
Hecelchakán	Campeche	3.93	4.12	4.16	3.91	3.44	3.44	3.58	2.95	3.25	3.73	4.08	4.29
Candelaria	Campeche	2.99	3.03	3.02	2.74	2.36	2.48	2.74	2.16	2.2	2.59	2.93	3.25
Seybaplaya	Campeche	3.46	3.58	3.59	3.35	2.88	2.95	3.18	2.54	2.7	3.14	3.49	3.76
Pomuch	Campeche	3.93	4.12	4.16	3.91	3.44	3.44	3.58	2.95	3.25	3.73	4.08	4.29
Cancún	Quintana Roo	5.29	5.56	5.68	5.17	4.92	4.68	4.51	4.06	4.51	5.22	5.69	5.84
Chetumal	Quintana Roo	3.82	3.84	3.74	3.7	3.19	3.33	3.58	2.95	2.84	3.3	3.67	4.08
Playa del Carmen	Quintana Roo	4.09	4.31	4.35	4.12	3.72	3.71	3.78	3.16	3.44	3.93	4.4	4.54
Cozumel	Quintana Roo	5.03	5.22	5.23	4.89	4.55	4.5	4.53	3.93	4.15	4.75	5.29	5.54
Isla Mujeres	Quintana Roo	5.29	5.56	5.68	5.17	4.92	4.68	4.51	4.06	4.51	5.22	5.69	5.84
Akumal	Quintana Roo	4.09	4.31	4.35	4.12	3.72	3.71	3.78	3.16	3.44	3.93	4.4	4.54
Playacar	Quintana Roo	4.09	4.31	4.35	4.12	3.72	3.71	3.78	3.16	3.44	3.93	4.4	4.54
Bacalar	Quintana Roo	3.82	3.84	3.74	3.7	3.19	3.33	3.58	2.95	2.84	3.3	3.67	4.08
Holbox	Quintana Roo	4.93	5.26	5.4	5.01	4.67	4.44	4.28	3.8	4.31	4.95	5.35	5.45
Dziuché	Quintana Roo	3.73	3.86	3.82	3.69	3.21	3.31	3.51	2.83	2.93	3.38	3.81	4.08
Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo	3.73	3.86	3.82	3.69	3.21	3.31	3.51	2.83	2.93	3.38	3.81	4.08
José María Morelos	Quintana Roo	3.73	3.86	3.82	3.69	3.21	3.31	3.51	2.83	2.93	3.38	3.81	4.08
Kantunilkín	Quintana Roo	4.93	5.26	5.4	5.01	4.67	4.44	4.28	3.8	4.31	4.95	5.35	5.45
La Unión	Quintana Roo	3.65	3.59	3.49	3.41	2.92	3.11	3.37	2.81	2.62	3	3.37	3.86
Leona Vicario	Quintana Roo	4.09	4.31	4.35	4.12	3.72	3.71	3.78	3.16	3.44	3.93	4.4	4.54
Mahahual	Quintana Roo	4.79	4.81	4.64	4.73	4.09	4.24	4.51	3.82	3.57	4.15	4.56	5.06
Isla Mujeres	Quintana Roo	5.29	5.56	5.68	5.17	4.92	4.68	4.51	4.06	4.51	5.22	5.69	5.84
Puerto Morelos	Quintana Roo	5.03	5.22	5.23	4.89	4.55	4.5	4.53	3.93	4.15	4.75	5.29	5.54
Punta Allen	Quintana Roo	4.05	4.17	4.12	4.03	3.54	3.65	3.85	3.17	3.21	3.67	4.16	4.42
Xcalak	Quintana Roo	4.79	4.81	4.64	4.73	4.09	4.24	4.51	3.82	3.57	4.15	4.56	5.06
Tulum	Quintana Roo	4.09	4.31	4.35	4.12	3.72	3.71	3.78	3.16	3.44	3.93	4.4	4.54
Puerto Aventuras	Quintana Roo	4.09	4.31	4.35	4.12	3.72	3.71	3.78	3.16	3.44	3.93	4.4	4.54
Mérida	Yucatán	3.78	3.99	4.02	3.81	3.34	3.37	3.46	2.82	3.14	3.6	3.97	4.16
Chichen-Itza	Yucatán	3.93	4.15	4.19	3.96	3.53	3.54	3.62	2.99	3.29	3.76	4.18	4.35
Uxmal	Yucatán	3.78	3.99	4.02	3.81	3.34	3.37	3.46	2.82	3.14	3.6	3.97	4.16
Valladolid	Yucatán	3.93	4.15	4.19	3.96	3.53	3.54	3.62	2.99	3.29	3.76	4.18	4.35
Celestún	Yucatán	3.93	4.12	4.16	3.91	3.44	3.44	3.58	2.95	3.25	3.73	4.08	4.29
Izamal	Yucatán	3.78	3.99	4.02	3.81	3.34	3.37	3.46	2.82	3.14	3.6	3.97	4.16
Progreso	Yucatán	4.65	4.96	5.06	4.75	4.36	4.24	4.17	3.61	4.12	4.66	5	5.13

“Iniciativa de transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua.

(Componente Nacional: México)”



Al servicio
de las personas
y las naciones



CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Umán	Yucatán	3.78	3.99	4.02	3.81	3.34	3.37	3.46	2.82	3.14	3.6	3.97	4.16
Chelem	Yucatán	4.65	4.96	5.06	4.75	4.36	4.24	4.17	3.61	4.12	4.66	5	5.13
Chicxulub Puerto	Yucatán	4.65	4.96	5.06	4.75	4.36	4.24	4.17	3.61	4.12	4.66	5	5.13
Dzidzantún	Yucatán	4.65	4.96	5.06	4.75	4.36	4.24	4.17	3.61	4.12	4.66	5	5.13

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>