



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Suministro de Agua Caliente  
Sanitaria para Restaurant por  
Medio de Energía Térmica Solar  
con Respaldo de Calentador a  
Gas**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero mecánico**

**P R E S E N T A**

Guadalupe Jiménez Morales

**ASESOR(A) DE INFORME**

José Esteban Barrios Bonilla



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Ingresada 2017**

# Contenido

---

OBJETIVO.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	4
ORGANIGRAMA.....	4
DESCRIPCIÓN DE TRABAJO .....	5
ANTECEDENTES.....	5
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	6
METODOLOGÍA UTILIZADA .....	8
Ubicación de equipos.....	9
Cálculos de la capacidad de los equipos con base en la energía requerida .....	11
Cálculo para determinar la cantidad de colectores y el tanque de almacenamiento.....	11
Cálculo para determinar la capacidad del calentador a gas. ....	12
Cálculo hidráulico.....	12
Cálculo de pérdidas en el circuito primario para la obtención de la capacidad de los disipadores y del tanque de expansión. ....	13
.....	15
Simulación en el programa T-SOL.....	16
Elaboración de planos.....	19
Plano de planta con equipos .....	19
Planos de detalle.....	19
Plano en 3D .....	20
RESULTADOS .....	21
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	26
CONCLUSIÓN.....	28
GLOSARIO.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30

## OBJETIVO

---

Suministrar agua caliente sanitaria a un restaurante con consumo de 4500 litros por día utilizando energía solar y respaldo de calentador a gas, el sistema térmico solar debe aportar el 30% de la energía total requerida.

## INTRODUCCIÓN

---

Existen dos motivos principales por los cuales las energías sustentables se están abriendo camino en la actualidad, el primero es la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles, y el segundo, no menos importante que el primero, es el cambio climático y los compromisos internacionales para reducir emisiones de gases de efecto invernadero. En México, por medio de la Secretaría de Energía se creó en 2008 la ENTEASE (Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía), el cual tiene como propósito impulsar las políticas, programas y acciones de proyectos encaminados a aprovechar las fuentes de energía renovables. (SENER, 2014), es por este motivo que pequeñas, medianas y grandes empresas del ramo de energías renovables, han sido motivadas a promover sus productos a un nivel más profesional, y a su vez empresas en las cuales los combustibles fósiles son parte importante de su consumo, han fijado la mirada en energías sustentables para reducir principalmente sus gastos en gasolina, gas licuado y diésel.

A continuación, se muestra el desarrollo de un proyecto para calentamiento de agua sanitaria de un restaurante en el Edo. de México, en el cual se utilizó energía solar y respaldo de calentador a gas.

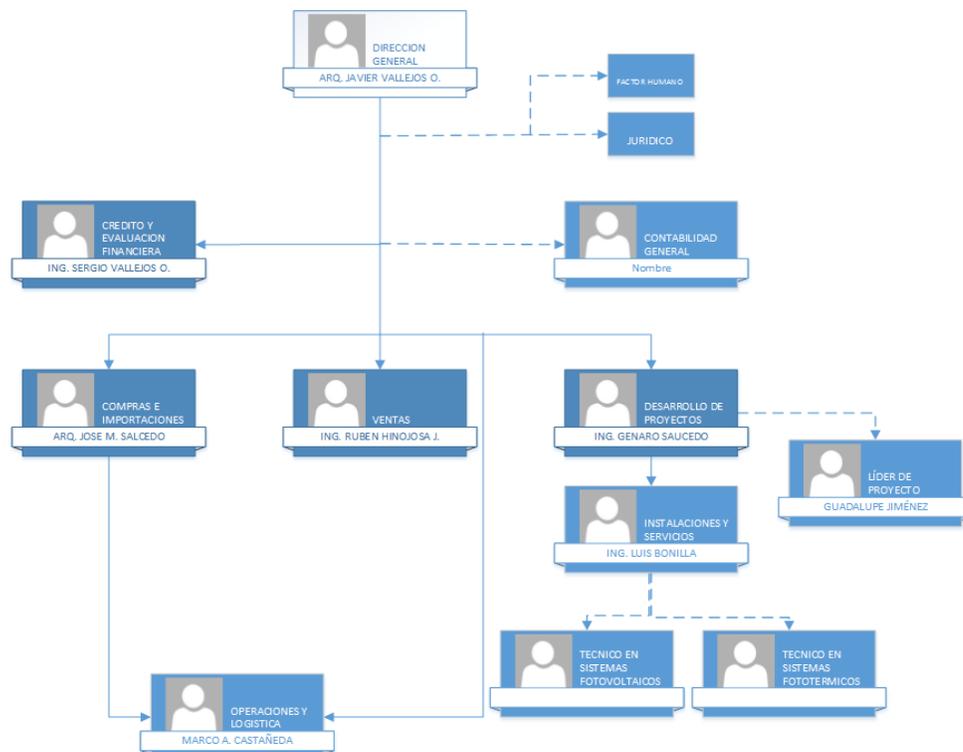
## DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En el 2010 TAM GREEN GROUP. S.A. de C.V. con la marca Ecova Green inicia sus actividades con la visión de integrar elementos de sustentabilidad en edificaciones comerciales y residenciales.

Entre los servicios que sustentan a la empresa, se encuentran:

- Proyectos de integración arquitectónica con módulos fotovoltaicos.
- Proyectos fototérmicos con calentadores solares.
- Proyectos de Iluminación con varios tipos de lámparas led.
- Aires acondicionados solares.

## ORGANIGRAMA



## DESCRIPCIÓN DE TRABAJO

Las actividades que realicé dentro de la empresa son las que a continuación se enlistan:

- Calcular, dimensionar y simular sistemas térmicos solares.
- Cotizar material y equipo para la realización de proyectos térmicos solares.
- Compra y contacto con agente aduanal para la importación de equipos.
- Coordinar la instalación de proyectos térmicos solares hasta la puesta en marcha.
- Realizar planos as-built.
- Elaborar reportes y carpeta final de las instalaciones
- Elaborar documentos para la mejora del sistema de cotización y dimensionamiento de proyectos fototérmicos.
- Reportes de mantenimiento.

## ANTECEDENTES

---

La generación de agua caliente a nivel comercial e industrial genera costos elevados por el consumo de combustible, distintas empresas han solicitado a Ecovagreen disminuir sus consumos de gas. Existen diferentes soluciones a este problema, como los calentadores a gas de alta eficiencia, cambios de hábitos en los procesos industriales y comerciales, almacenamiento del agua en tanques con adecuado aislamiento térmico, calentamiento por energía solar, etc. pero para cada problema existe una solución ideal ya sea un conjunto de los anteriores o alguno de ellos en específico.

Las actividades que he llevado a cabo en Ecovagreen han sido atendiendo a la necesidad de generación de agua caliente para restaurantes, se ha resuelto complementando tecnología solar y convencional, es decir, con gas.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

---

Se suministró agua caliente sanitaria a un restaurante ubicado en el Estado de México, con un consumo diario de 4500 litros a 60°C, considerando que la norma NADF-008-AMBT-2005 establece como mínimo un aporte solar del 30% (GODF, 2006)

El cliente definió consumo, temperatura del Agua Caliente Sanitaria (ACS) y espacio designado a los equipos. La empresa eligió los equipos a instalar y la capacidad de cada uno, mismos que se muestran a continuación.

- a) Número de colectores solares
- b) Capacidad del calentador a gas
- c) Capacidad del tanque de almacenamiento del circuito primario
- d) Capacidad del tanque de almacenamiento para el calentador a gas
- e) Capacidad de las bombas recirculadoras de agua caliente
- f) Disipadores de calor
- g) Tanque de expansión

Los equipos que se mencionan anteriormente conforman la instalación para el calentamiento del agua.



Imagen 1. Colectores solares planos de serpentín



Imagen 2. Tanques de almacenamiento y recirculador



Imagen 3. Calentador a gas



Imagen 4. Disipadores de calor



Imagen 5. Tanque de expansión

## METODOLOGÍA UTILIZADA

La instalación de calentamiento de agua sanitaria por medio de energía térmica solar con respaldo a gas tiene por elementos principales los siguientes equipos (Imagen 6):

1. Colectores solares planos de serpentín
2. Tanque de almacenamiento del circuito primario
3. Calentador a gas
4. Tanque de almacenamiento del circuito secundario
5. Disipadores de calor
6. Tanque de expansión
7. Bomba del circuito primario

Los equipos anteriores son parte de dos circuitos, mismos que conforman al sistema de calentamiento de agua, llamaremos circuito primario al que comprende los colectores solares, bomba, disipadores, tanque de expansión y serpentín interno del tanque de almacenamiento de 2000 litros por el cual circula glicol al 50% y agua. El circuito secundario consta del agua almacenada en el tanque de 2000 litros que es transportada al tanque del calentador a gas, misma que de ser necesario, será calentada por medio del calentador a gas.

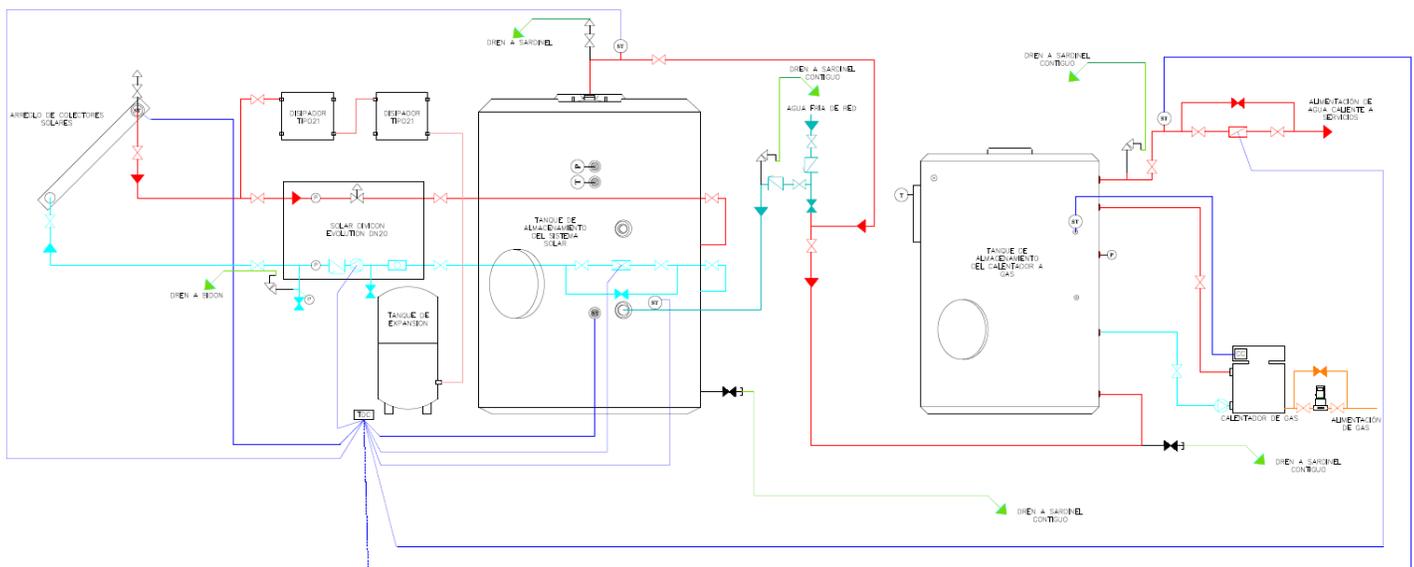


Imagen 6. Diagrama básico del sistema de calentamiento de agua sanitaria por medio de energía solar.



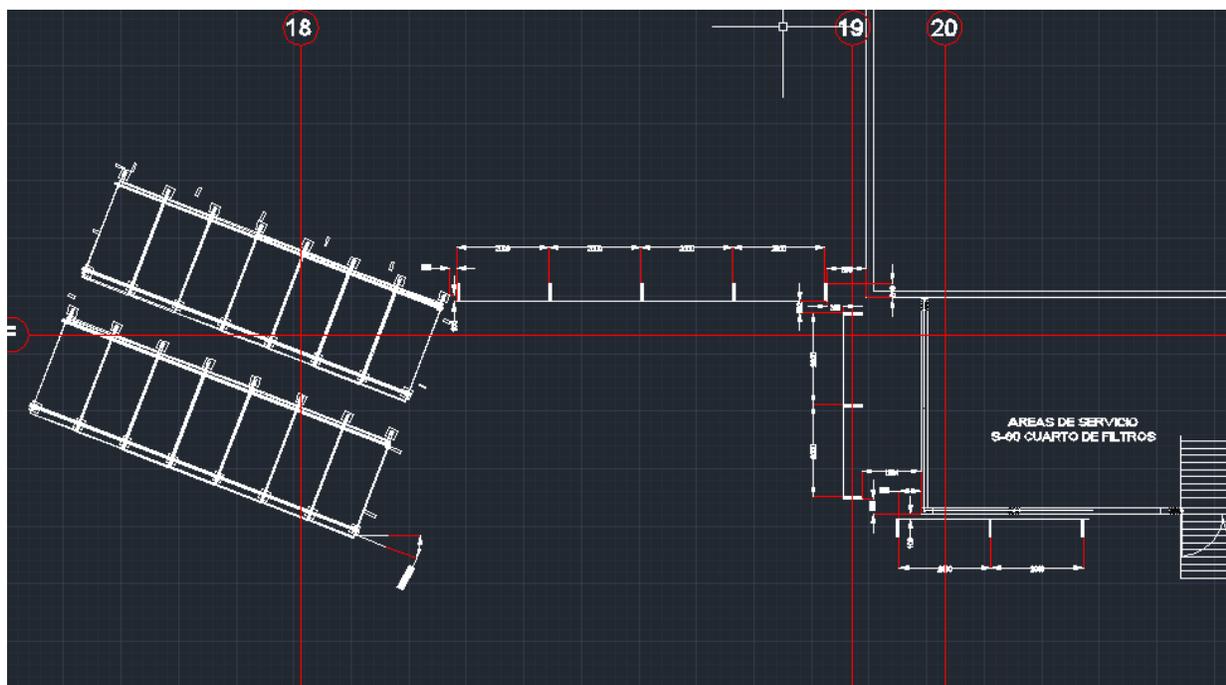


Imagen 8. Plano de planta con 14 colectores instalados.

## Cálculos de la capacidad de los equipos con base en la energía requerida

### Cálculo para determinar la cantidad de colectores y el tanque de almacenamiento.

Por medio del programa T-Sol (VALENTIN, 2015) se obtiene la cantidad de colectores, para lograr esto se ingresaron los datos de requerimientos en el programa y posteriormente se ingresó la cantidad de colectores que estimamos con base en la experiencia de proyectos anteriores, según el consumo de ACS. (Imagen 9)

Imagen 9. Asignación de cantidad de colectores. FUENTE. Programa de simulación T-Sol

Para los proyectos de este nivel que no son residenciales, es necesario apoyarse en una simulación asistida por ordenador ya que las condiciones ambientales y los procesos dinámicos no son lineales. El programa T-sol basa sus resultados en los siguientes puntos:

- A. Balance de energía
  - i. Energías suministradas

- ii. Pérdidas de energía
- B. Cálculo de irradiación sobre la superficie del colector  $W(m^2)$
- C. Cálculo de las pérdidas térmicas del colector
- D. Cálculo del consumo de energía primaria

### Cálculo para determinar la capacidad del calentador a gas.

Para este cálculo el volumen de agua a calentar (consumo del restaurante) fue la base en conjunto con los siguientes parámetros:

- a) Temperatura inicial del agua
- b) Temperatura deseada
- c) Tiempo de calentamiento

Tabla 1. Cálculos para determinar la capacidad del calentador a gas

Temperatura Inicial	11.5	°C
Temperatura deseada final	60	°C
Diferencial de Temperatura:	48.5	°C
Volumen de agua a calentar	4.5	m <sup>3</sup>
Energía requerida para calentar 4.5 m <sup>3</sup> de agua	<b>253.17</b>	Kwh
Tiempo de calentamiento	6	h
Potencia instantánea	<b>42.195</b>	Kw
Capacidad de la caldera con factor de corrección por altura	<b>58.58354</b>	Kw

### Cálculo hidráulico.

Caudal total a utilizarse en el arreglo:

Tabla 2. Cálculos para determinar el caudal en los colectores solares

Área útil/ Colector [m <sup>2</sup> ]	Número de colectores	Área total [m <sup>2</sup> ]	Caudal/colector [l/h m <sup>2</sup> ]	Caudal total del arreglo [l/h]	Caudal total del arreglo [m <sup>3</sup> /s]
2.33	14	32.62	25	815.5	0.000226528

$$D = j * C^{0.35}$$

No. Baterías	2						
Factor [J]	2.2	2.2	Tubo metálico	-	-	-	-
Factor [J]	2.4	2.4	Tubo plástico	-	-	-	-
Caudal [C]	407.75	815.5	lts/h	-	-	-	-
	0.40775	0.8155	m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-
Diametro [D]	<b>16.07165386</b>	<b>20.48429722</b>	mm	-	-	-	-
Diametro Seleccionado	19.05	25.4					

## Cálculo de pérdidas en el circuito primario para la obtención de la capacidad de los disipadores y del tanque de expansión.

### a) Cálculo del tanque de expansión

Para obtener el volumen del tanque de expansión se considera (Rufes, 2010):

1. El tanque de expansión deber cubrir el volumen en el grupo de colectores solares incluyendo las tuberías de conexión entre ellos.
2. Se calcula el volumen útil del vaso de expansión

$$V_u = VC_e$$

Donde

$V$  es el volumen contenido total de agua en el circuito (colectores solares, circuito hidráulico y todos los componentes que comprenden al circuito primario.

$C_e$  es el coeficiente de expansión del fluido.

Se considera un 10% adicional del valor del volumen total de los colectores solares.

$$V_u = 1.1V_{col}$$

3. Se calcula posteriormente el volumen total.

$$V_t = V_u C_p$$

Donde  $C_p$  es el coeficiente de presión definido por:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m}$$

La presión máxima debe ser ligeramente inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad.

$$P_M = 0.9P_{valv\ seg} + 1$$

La presión mínima se obtiene como:

$$P_m = 1.5 + \frac{\rho gh}{10^5} + 1$$

**1. Contenido total de agua del circuito****1.1 Tuberías**

Diámetro interior mm	Volumen unitario litros/m	Longitud m	Volumen litros
20.599	0.3333	12	4
26.767	0.5627	67	38
Contenido de agua en tuberías (litros)			42

**1.2 Depósitos y Equipos**

Equipos / Depósitos	Volumen litros
Colectores	26
Disipadores	5
Termotanque	19
Contenido de agua en depósitos y equipos (litros)	
49	

**1.3 Contenido total**

Tuberías	42
Depósitos y equipos	49
Volumen de seguridad (20%)	0
Contenido total de agua en el circuito (litros)	
91	

**2. Volumen útil del vaso de expansión**

Fluido	Agua + Glicol
Concentración del glicol (%)	50
Temperatura máxima (°C)	140
Coeficiente de expansión Ce	0.0915
Volumen dilatado Vtotal x Ce (litros)	8.329
Volumen de reserva mínimo 3litros	3.00
Volumen vaporizado= Volumen captadores * 1.1	28.18
Volumen útil Vu= Volumen dilatado+Volumen reserva+Volumen vaporizado (litros)	39.51

**3. Volumen total del vaso de expansión**

Presión de tarado de la válvula de seguridad (relativa) (bar)	5.00
Presión mínima en el vaso de expansión (relativa) (bar)	1.50
Presión máxima PM (absoluta) (bar)	6.40
Presión mínima Pm (absoluta) (bar)	3.90
Coeficiente de presiones Cp	2.56
<b>Volumen total del vaso de expansión</b>	
<b>101.1488984</b>	

Tabla 3. Cálculo del vaso de expansión.

b) Cálculo de los disipadores

El cálculo del vapor total generado es el producto de la superficie total de apertura del campo de colectores por el vapor específico de generación de vapor en función del tipo de panel y su conexión.

Número de colectores solares	14
Vapor generado en cada colector solar (dato de fabricante)	60 W/m <sup>2</sup>
Superficie del colector solar	2.33 m <sup>2</sup>
Área total de los colectores solares	32.62 m <sup>2</sup>
Potencia total del vapor a disipar	1957.2 W

Tabla 4. Cálculo de disipadores

Se utilizaron dos disipadores de 980 W cada uno, dando un total de 1960 W, cubriendo así la potencia total requerida a disipar.

## Simulación en el programa T-SOL

Por medio del programa T-SOL se puede saber:

- Diagrama básico de conexión. (Imagen 10)
- Cantidad de colectores solares indicados para suministrar la energía aproximada al sistema.
- Energía solar aportada al sistema en Watts y en porcentaje, Potencia instalada de colectores. (Tabla 5).
- Energía convencional aportada al sistema en Watts y ahorro de gas natural al año. (Tabla 5).

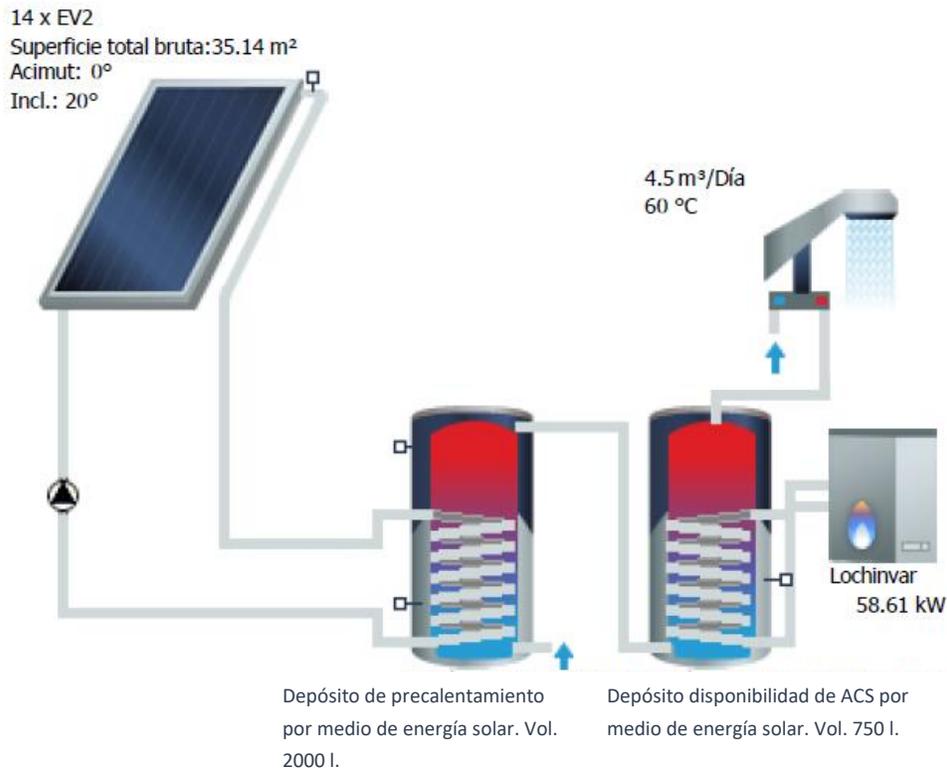


Imagen 10. Diagrama básico de los equipos principales. FUENTE. Simulación de programa T-SOL.

## Resultados de la simulación anual

---

Potencia de colectores instalada:		24.60 kW
Superficie de colectores instalada (bruta):		35.14 m <sup>2</sup>
Irradiación a la superficie colector (Superficie ref.):	58.10 MWh	6,411.71 MJ/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los colectores:	32.57 MWh	3,594.83 MJ/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los circuitos del colector:	30.73 MWh	3,391.12 MJ/m <sup>2</sup>
Demanda energética para preparación de agua caliente:		82.48 MWh
Suministro de energía para la producción del agua caliente:		76.16 MWh
Energía del sistema solar para el ACS:		30.35 MWh
Energía suministrada por la calefacción auxiliar:		47.0 MWh
<b>Ahorro Gas natural :</b>		<b>4,978.3 m<sup>3</sup></b>
<b>Emisión de CO2 evitada:</b>		<b>11,537.59 kg</b>
<b>Fracción solar ACS:</b>		<b>39.2 %</b>
<b>Ahorro energético proporcional (DIN CEN/TS 12977-2):</b>		<b>44.7 %</b>
<b>Grado de uso del sistema:</b>		<b>52.2 %</b>

Tabla 5. Datos energéticos. FUENTE. Simulación de programa T-SOL.

La simulación también arroja gráficos que nos ayudan a identificar los picos de temperatura que se presentarán en el circuito primario y la fracción de energía solar aportada comparada con el total de energía requerida para calentar la cantidad de agua solicitada por el cliente.

### Temperaturas máximas diarias en el agua contenida en los colectores

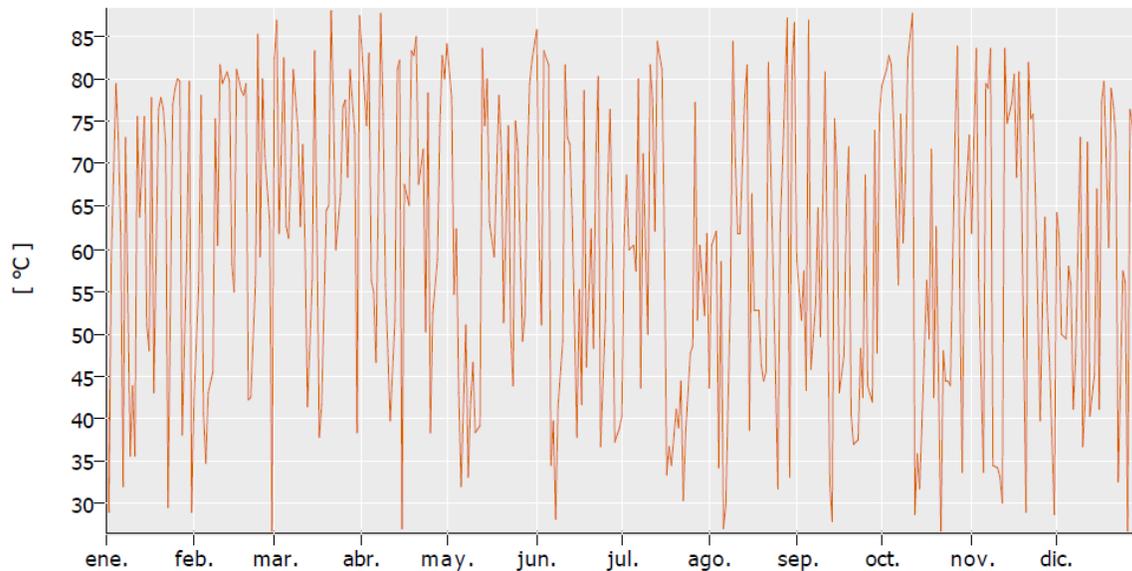


Imagen 11. Temperaturas máximas y mínimas en el circuito primario. FUENTE. Simulación T-Sol.

### Fracción de energía solar en el consumo energético

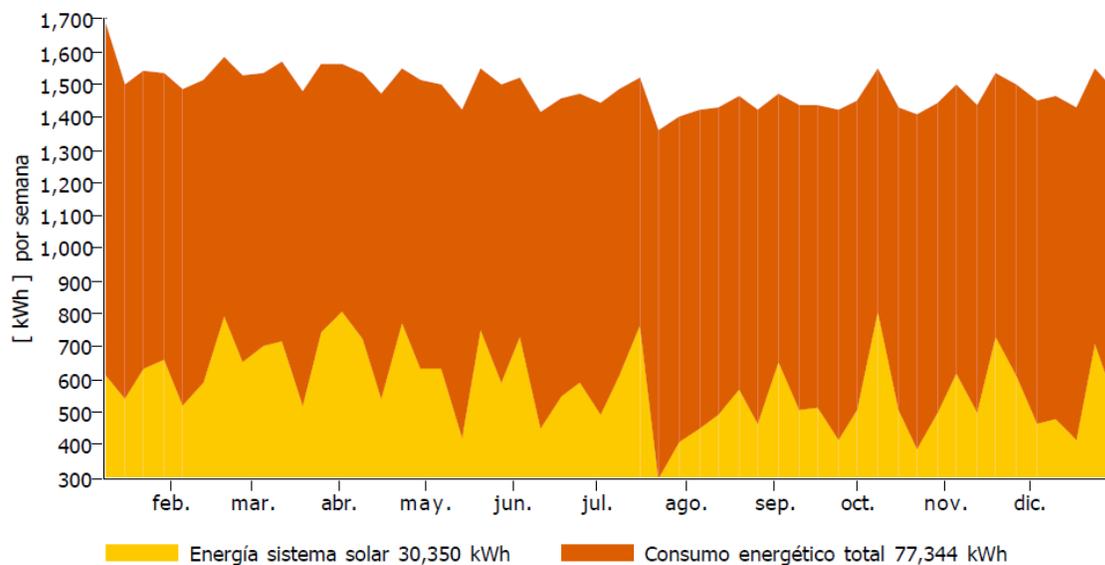


Imagen 12. ○ Aporte solar    ○ Energía requerida. FUENTE. Simulación T-Sol.



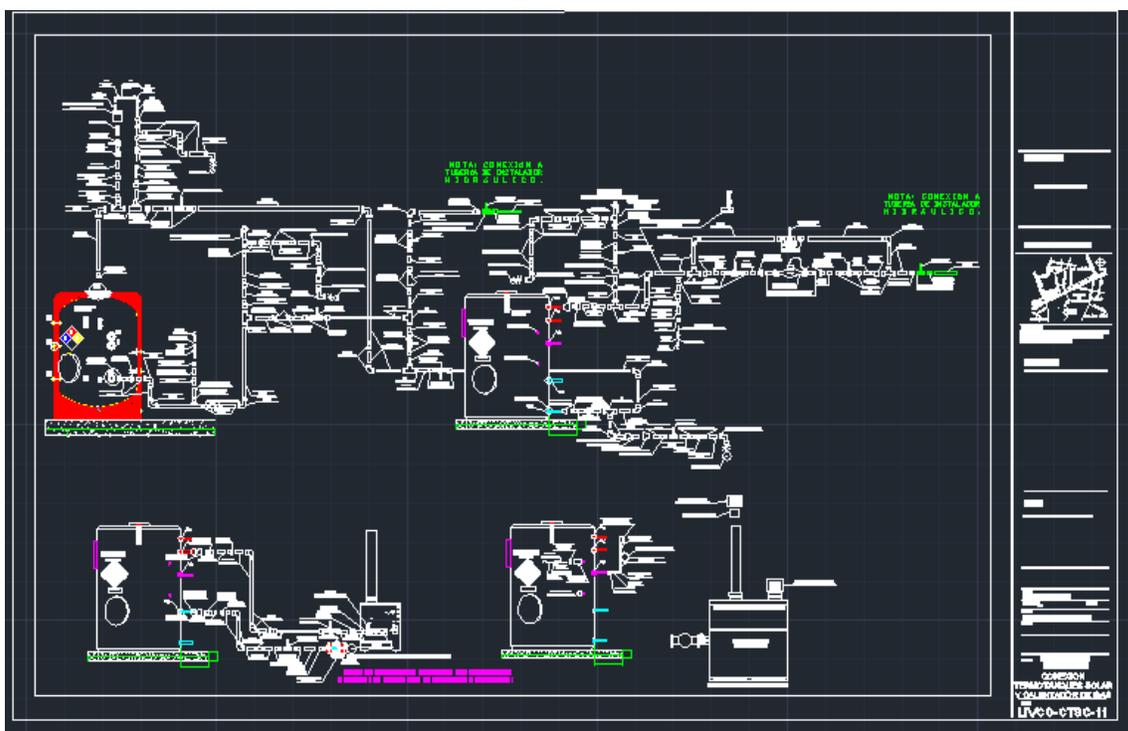


Imagen 15. Plano de detalle de componentes del sistema de calentamiento de agua.

### Plano en 3D

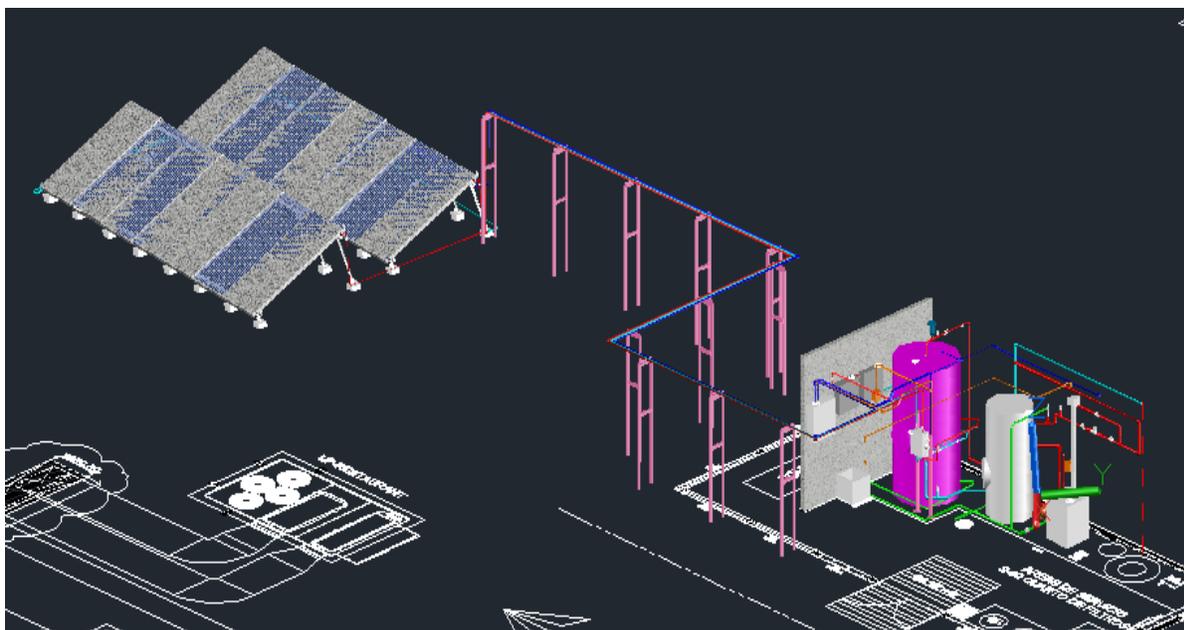
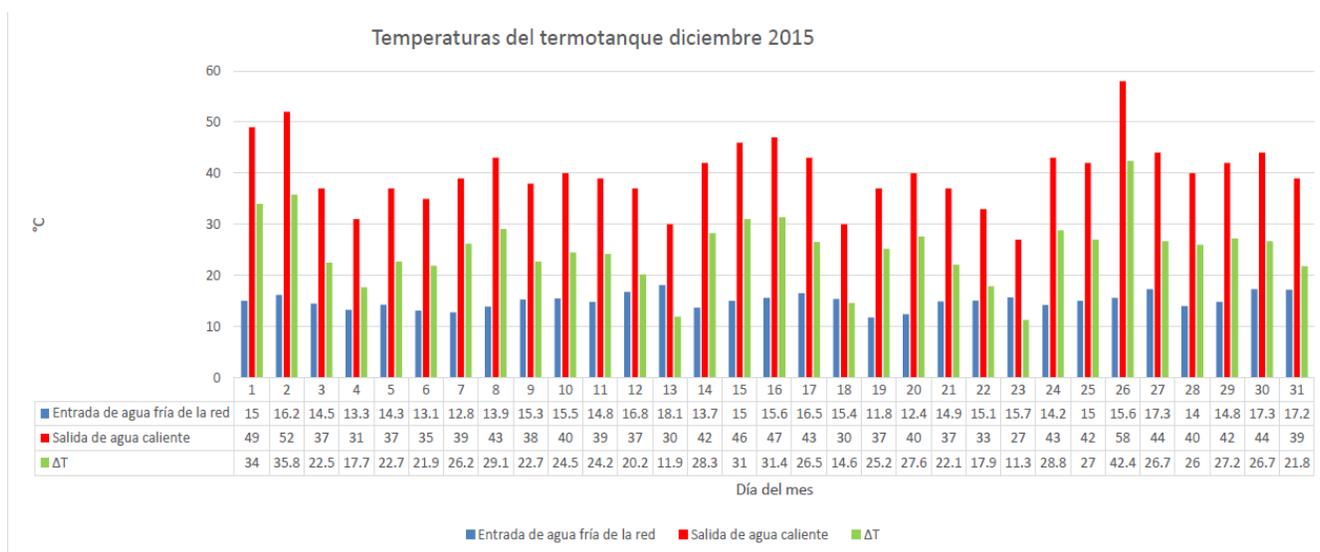


Imagen 16. Plano de detalle de componentes del sistema de calentamiento de agua.

## RESULTADOS

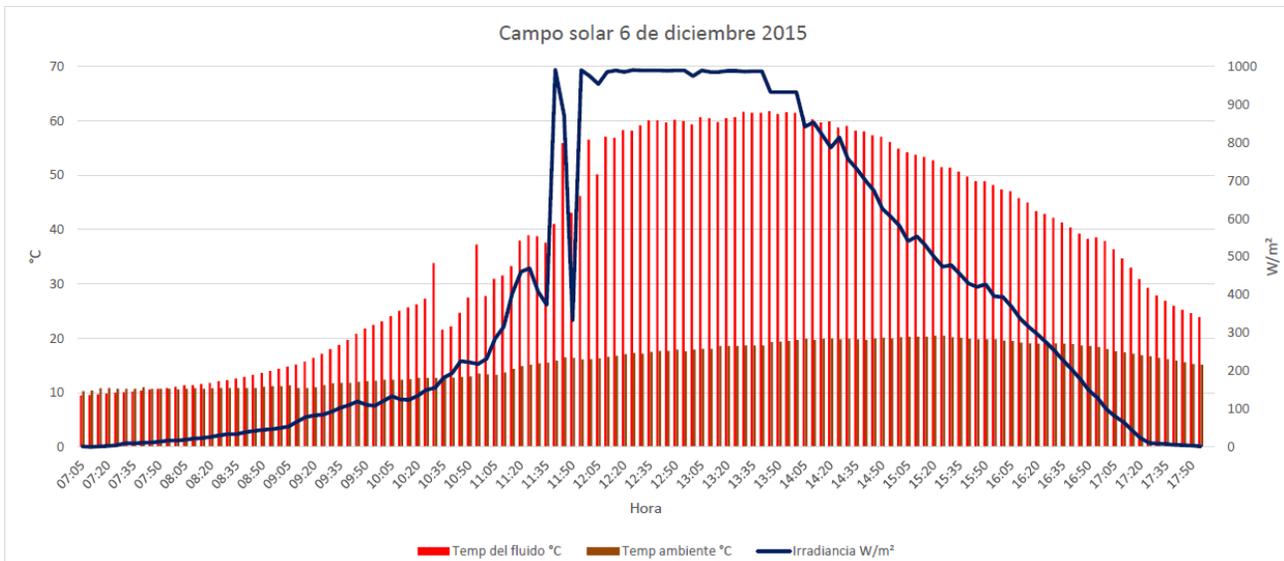
Posterior a la puesta en marcha se realizó un monitoreo diario por medio de los equipos instalados con los que obtuve los siguientes datos, mismos que nos ayudaron a comprobar que el sistema de calentamiento de agua por medio de energía solar estuviera cumpliendo con los objetivos con los que se diseñó.

Como ejemplo, pondremos el caso del primer mes que estuvo en funcionamiento el sistema. Como se observa en la gráfica 1, hubo una diferencia de temperatura promedio de 24.7 °C entre la entrada del agua fría al tanque de almacenamiento y la salida del agua caliente del mismo.

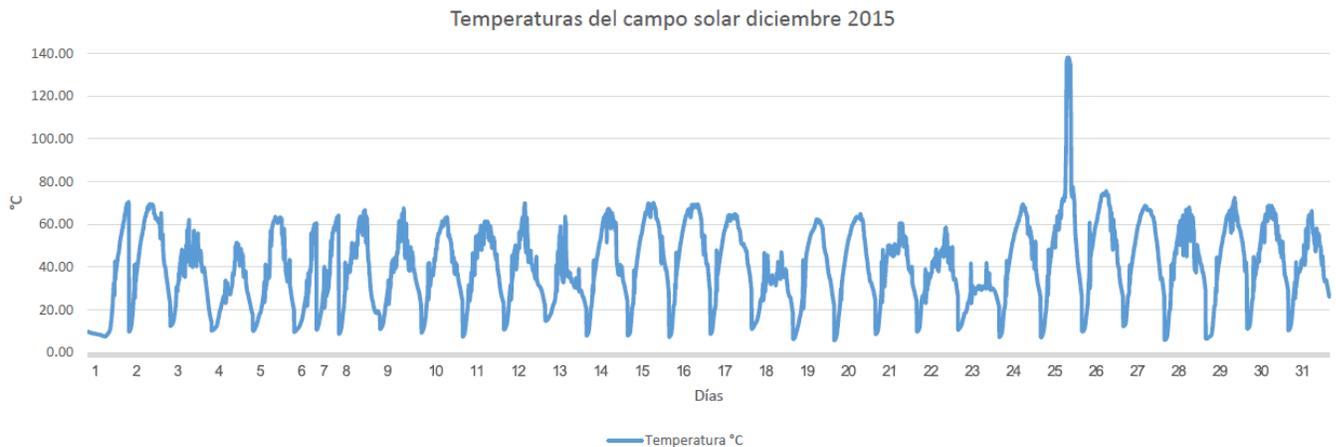


Gráfica 1. Temperaturas del agua en el termotanque de almacenamiento del circuito primario.

La gráfica 2 muestra la irradiación solar durante el transcurso de un día, esto ayudó a saber si en algunos días el aporte solar era menor porque estuvo nublado o porque hubo algún problema con los equipos.



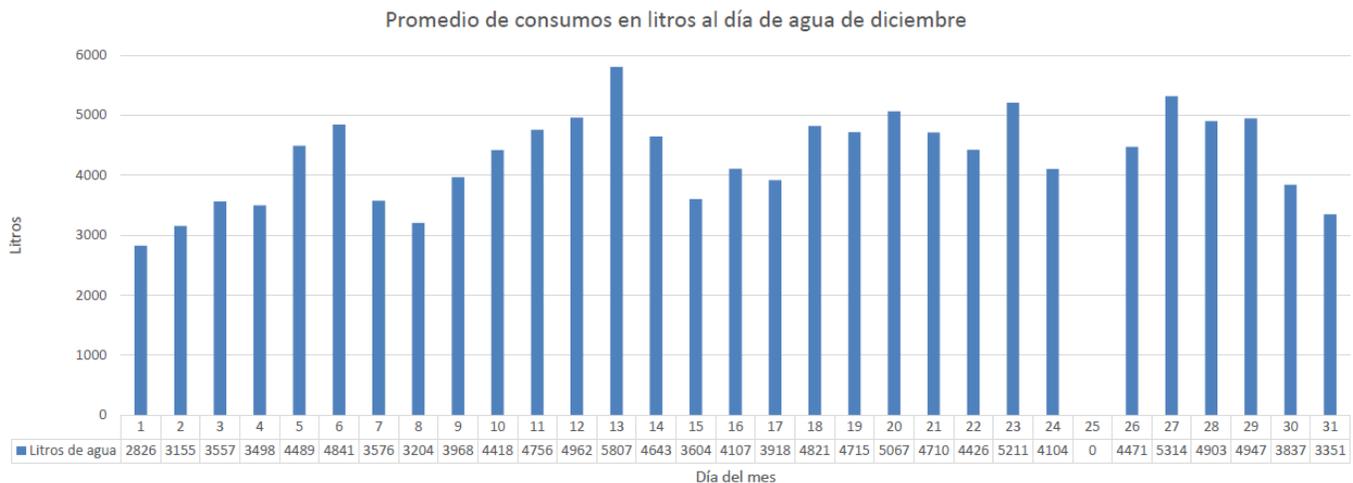
En la siguiente gráfica (*Gráfica 3*) se observa la temperatura del glicol en el campo de colectores, la cual no debe exceder de los 200°C por especificación del fabricante. La temperatura de operación de los colectores es de máximo 90°C como se muestra en la *imagen 7* de la simulación y comparando con la *gráfica 3* de la operación real de los equipos, la temperatura en los colectores es correcta.



Las temperaturas en el campo solar se mantienen la mayoría de los días entre 60°C y 80°C excepto el día 25 de diciembre en el que se ve un pico de 140°C, lo que nos indica que algo sucedió ese día que la temperatura se elevó, revisando la *gráfica 4* me di cuenta que no hubo consumos ese día porque no abrieron el restaurante por

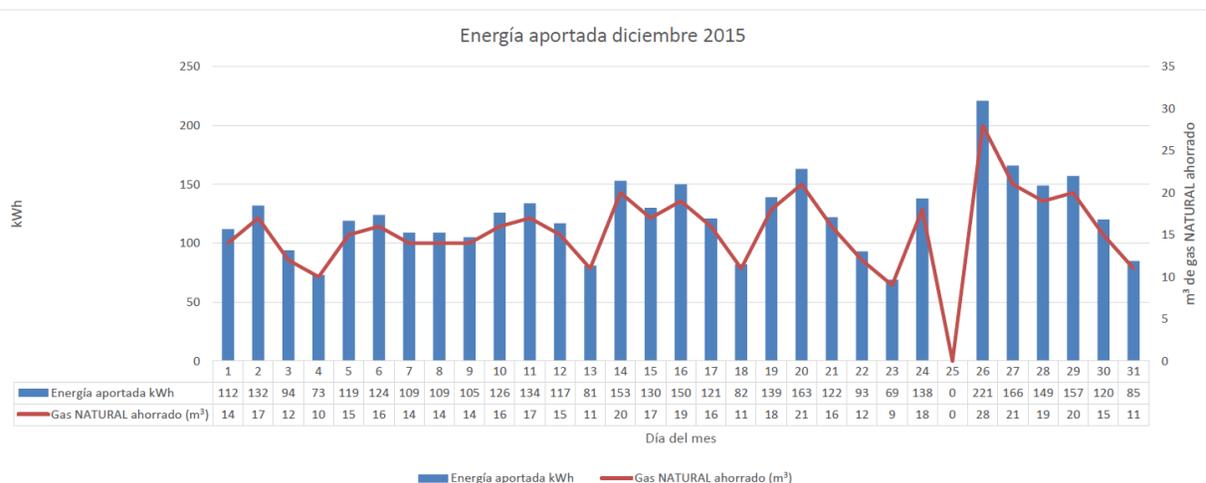
ser día festivo, al no haber consumos el sistema siguió generando energía, lo que provocó que ya no se pudiera transmitir más calor al agua almacenada.

A continuación, se muestra la gráfica 4 que nos indica el consumo diario obtenido del monitoreo, que es de 4,303.86 litros y el diseño inicial fue para 4500 litros.



Gráfica 4. Consumo diario en litros.

La energía total aportada en el mes de diciembre fue de 3693 kwh como se muestra en la gráfica 5.



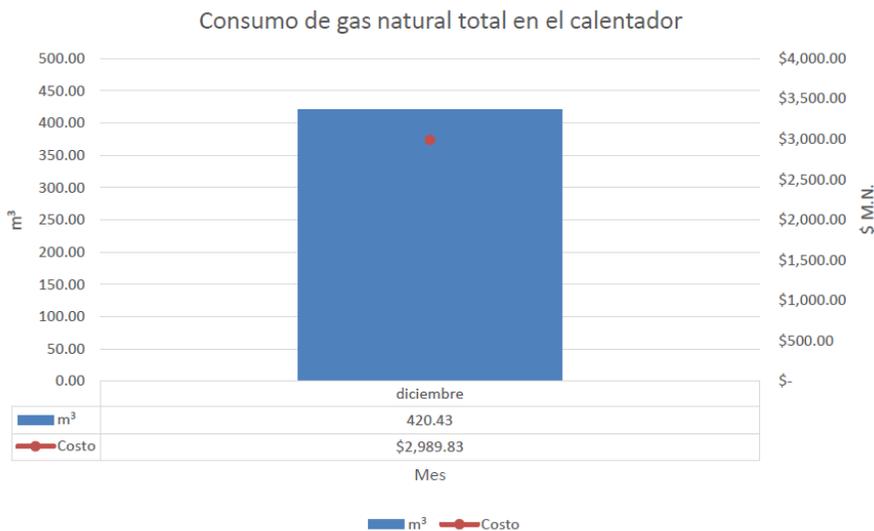
Gráfica 5. Energía en kwh aportada en el mes de diciembre.

### Energía solar aportada por mes.



Gráfica 6. Energía en kwh aportada y ahorro de gas en el mes de diciembre.

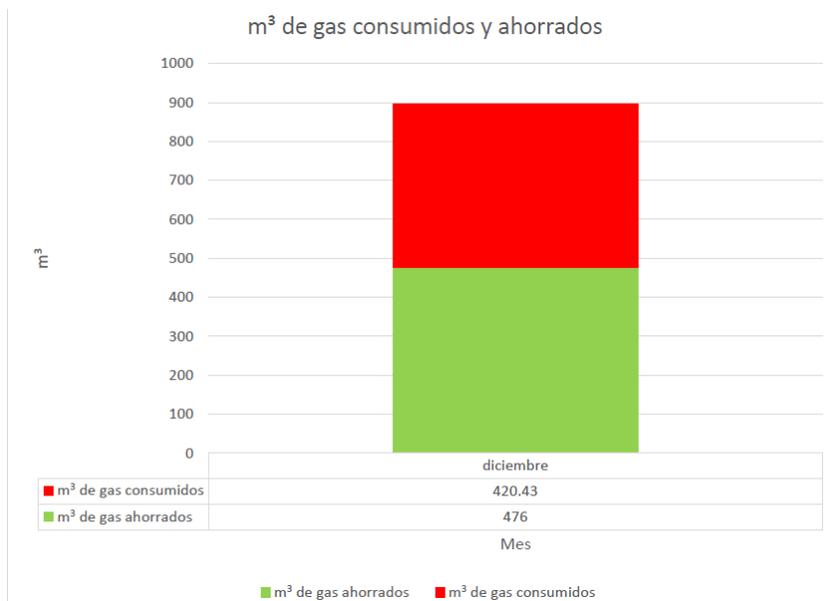
### Consumo de gas natural.



Gráfica 7. Consumo de gas natural en el mes de diciembre.

Esta gráfica nos indica los m³ de gas natural que consumió el restaurante en el mes de diciembre y lo que se pagó en ese mismo mes.

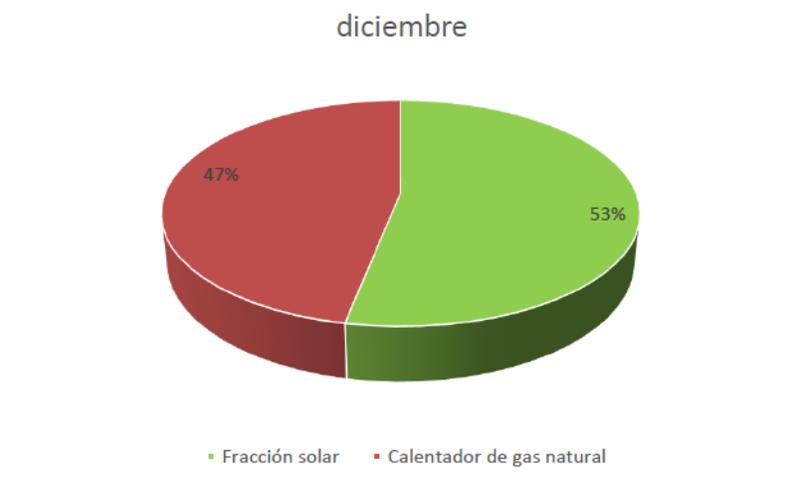
## Gas natural ahorrado y consumido en $m^3$



Gráfica 8. Consumo y ahorro de gas natural en el mes de diciembre.

El gas natural consumido total de no tener los colectores solares hubiera sido de  $900 m^3$ , sin embargo, fue de  $420.43 m^3$ .

## Fracción de aporte solar.



Gráfica 9. Fracción de aporte solar.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Temperatura a la salida del agua caliente. En la simulación en el mes de diciembre la temperatura promedio iba a ser de 57°C, sin embargo, la temperatura promedio fue de 40°C según los datos recabados por medio del controlador.

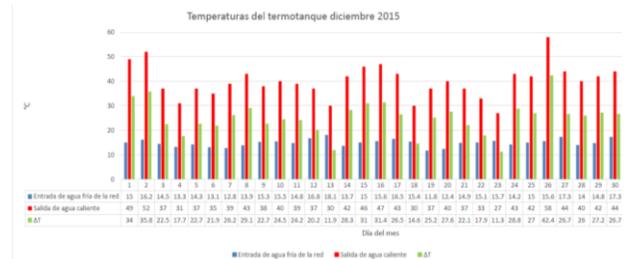
### Simulación

#### Resultados de la simulación anual

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Temperatura del agua caliente en °C												
57	57	58	58	58	58	57	57	57	57	57	58	57

### Datos reales

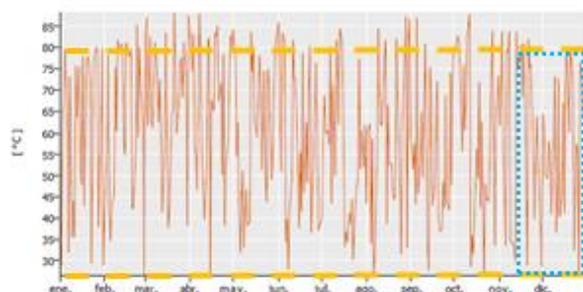
La temperatura promedio a la salida del agua caliente es de 40.03°C en el mes de diciembre.



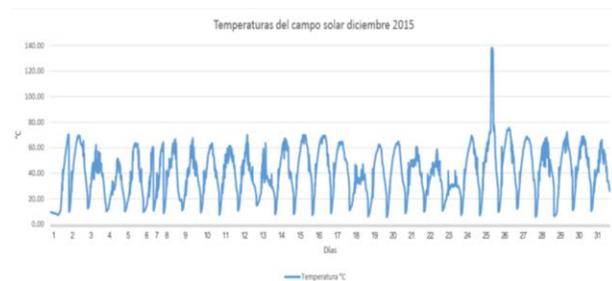
Gráfica 1. Temperaturas del agua en el termostato de almacenamiento del circuito primario. FUENTE: Creación propia.

Temperatura en zona de colectores. Las temperaturas máximas en el mes de diciembre con base en la simulación debieron estar entre 20°C y 80°C, comparando con los datos reales pudimos observar que esto se cumplió excepto el 25 de diciembre, mismo que fue un día inhábil por lo que no se generaron consumos lo que provocó un sobrecalentamiento en el circuito primario al no poder transferir más calor al agua almacenada, el controlador está programado para apagar la bomba al detectar que el tanque está a 60°C.

### Simulación



### Datos reales



Gráfica 3. Temperatura en °C en la zona de colectores.

Como se muestra en la *gráfica 9*, el aporte solar fue del 53% en el mes de diciembre según los datos que analicé recabados por el controlador, y en la simulación según el programa T-sol, el aporte iba a ser de 39.2%, el aporte adicional se debe a que el consumo de agua caliente fue menor y constante durante el día, lo que permitió la recuperación de la temperatura.

## CONCLUSIÓN

---

En el mes de diciembre se cumplió con el aporte del 39.2% que se prometió al cliente, de hecho, se superó como se muestra en el análisis de resultados. Los equipos funcionaron correctamente durante este tiempo. Se cubrió con la demanda de agua caliente en las horas pico de consumo alcanzando los 60°C requeridos.

Respecto a los equipos de monitoreo, son sumamente eficientes pues nos ayudaron a conocer el aporte real que se proporciona por medio de la energía térmica solar, así mismo son un apoyo en detectar el buen o mal funcionamiento de los equipos y del sistema en general.

Hablando de los conocimientos adquiridos y de las aplicaciones ingenieriles, es claro que la transferencia de calor, el comportamiento de los fluidos, la termodinámica y electrónica básica, fueron algunas de las bases aprendidas durante mi estancia en la universidad, mismas que dieron pauta para la correcta realización de este proyecto.

## GLOSARIO

---

**ACS.** Agua Caliente Sanitaria.

**BATERÍA.** Grupo de colectores solares conectados en paralelo.

**CAMPO SOLAR.** Es el conjunto de colectores solares.

**DISIPADOR.** Equipo que tiene como función proteger a los colectores solares de altas temperaturas que puedan dañarlos, se realiza por medio de transferir el calor conducido en el circuito primario hacia el ambiente.

**GLICOL.** Fluido caloportador que fluye por el circuito primario y que tiene como propiedad principal un punto de fusión bajo, evitando congelamiento interno en tuberías.

**TANQUE DE EXPANSIÓN.** Equipo que tiene como función proteger a los colectores solares y a los componentes del circuito primario de sobre presión, absorbiendo este la presión excedente.

**TERMOTANQUE O SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE AGUA CALIENTE.** Depósito en el que se almacena el fluido calentado mediante el aprovechamiento de la energía solar y que se utiliza para conservar su temperatura con las menores pérdidas térmicas posibles.

## BIBLIOGRAFÍA

---

GODF. NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-008-AMBT-2005 QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN ALBERCAS, FOSAS DE CLAVADOS, REGADERAS, LAVAMANOS, USOS DE COCINA, LAVANDERÍA (2006). Ciudad de México. Retrieved from <http://www.paot.org.mx/centro/normas/NADF-008-AMBT-2005.pdf>

NORMEX. NORMA Oficial Mexicana NMX-ES-001 NORMEX-2005, energía solar- rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua- métodos de prueba y etiquetado (2005). México. Retrieved from <http://www.sitiosolar.com/NMX-ES-001-NORMEX-2005.pdf>

Rufes, P. (2010). *Energía Solar Térmica: Técnicas para su Aprovechamiento*. Barcelona: marcombo. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=Gu6FIQXKHmEC&pg=PT154&dq=como+calcular+un+vaso+de+expansion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjFkpnY8ejRAhUHjVQKHdYhDroQ6AEIjAA#v=onepage&q=como+calcular+un+vaso+de+expansion&f=false>

SENER. (2014). ESTRATEGIA NACIONAL DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA. Retrieved from <http://www.gob.mx/sener/documentos/estrategia-nacional-de-transicion-energetica-y-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia>

VALENTIN. (2015). T-SOL. GERMANY.