

ESTUDIO PARA LA CLIMATIZACIÓN DE LA PISCINA Y LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA ACS CON ENERGIA SOLAR DE LA UNAP

Reynaldo Condori Yucra

e-mail: gpi_srl@yahoo.es

Universidad Nacional del Altiplano Puno - Perú
Escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica
AV. Floral s/n – Ciudad Universitaria

RESUMEN. *En el presente estudio se realiza el dimensionado de la potencial necesidad para introducir la energía solar y diseño de las instalaciones térmicas para la climatización de la piscina cubierta de 300 m² con capacidad para 510,000 litros de agua a 26°C, y la producción de ACS a 45°C de consumo para 250 personas al día.*

Dando un sistema de 105 colectores planos sin cubierta de polipropileno para la piscina con curvas de rendimiento optimas para la instalación. Colocados en posición horizontal en tres filas de siete grupos de colectores y cada grupo está compuesto por 5 colectores, el circuito hidráulico se dimensionó para no tener ninguna pérdida de carga que pueda afectar al rendimiento del sistema, usando retorno invertido.

La producción de ACS estará apoyada por 30 colectores planos con cubierta selectivos con curvas de rendimiento óptimas para la instalación consistente en dos circuitos: primario y secundario, un intercambiador de calor tipo serpentín interior. Dos acumulares uno de 2.500,00 litros en un inter-acumulador y 2.500,00 litros en un calentador que tendrá conexión con el sistema auxiliar del generador de vapor mediante un intercambiador de calor (haciendo un total de 5.000,0 litros).

Además de poseer de apoyo un sistema auxiliar compuesto por un generador de vapor de 75 BHP (707 kW), con quemador mixto de GLP y Diesel.

Se requerirá un intercambiador de calor de acero inoxidable de 350 kW, y dos intercambiadores incorporados de 260, y 92 kW respectivamente. Las bombas debían de ser capaces de circular un volumen cercano a los 12.0 litros/seg. Sin tener problemas con pérdidas de carga en el circuito (Impulsión ni el de Aspiración).

El sistema de colectores solares para la piscina y la producción de ACS estará controlado por un sensor solar compuesto por célula solar CS -10I, para la detección de la intensidad de radiación solar para el mando de regulación de bombas que se conectan a los ordenadores de control diferencial, ambos controladores poseerán una sonda de temperatura exterior para intemperie.

El gasto energético para la piscina, sería de unos 460,564 kWh, de los cuales 300,417 kWh serían aportados por el sistema de energía solar, equivalente al 65,0% de la necesidad de la instalación. Y para la instalación de ACS es de 57.869,30 kWh, de los cuales 43.620,5 kWh los aportaría el sistema solar térmico, lo que equivale a más del 75% de la energía anual necesaria. Por lo tanto, el sistema solar aporta un beneficio y/o reducción del gasto de más del 75%. Se ha conseguido una reducción en el gasto energético de la instalación de aproximadamente 30.000 m³ de GPL, lo que aporta una gran rentabilidad a la instalación y un aporte conjunto del 70,0% de la necesidad energética de la instalación con el sistema de apoyo solar.

PALABRAS - CLAVE: Energía solar, colectores planos, acumulador, intercambiador de calor, control diferencial

1. INTRODUCCIÓN.-

La ciudad de Puno, se encuentra localizada en la frontera del lago Titicaca, en la parte sur del Perú, a una altitud aproximado de los 3825 m.s.n.m., a una latitud de 15° 50' S y a una longitud de 70° 01' O. Actualmente cuenta con una población estimada en 145.729 habitantes [INEI]. El clima de Puno se caracteriza por ser frío y semi-seco típico de las regiones lacustres, las precipitaciones fluviales en promedio de 750 mm/año, se da en los meses de agosto a marzo. La temperatura media máxima durante el verano y durante el invierno son 18,8 °C y -4,5 °C respectivamente.

La unidad relativa media llega al 60%, durante los meses de junio a marzo es 39% en los meses de junio a julio. Según el SENAMHI el recurso solar en la ciudad de Puno alcanza en promedio anual 5,94 kWh.m²; en la tabla 1, se muestra los datos promedios registrados durante los años 1977-1981.

El presente estudio primero se evalúa la irradiación solar para superficies inclinadas, mediante la variación del Angulo beta (β), tratando de obtener la mejor distribución de la radiación. Garantizando de esa manera energía suficiente para los meses más críticos del año, así mismo dimensionar el sistema de climatización de la piscina y la producción de agua caliente sanitaria ACS en el coliseo de la Universidad Nacional del Altiplano, Se han desarrollado considerando únicamente aquellos equipos o instalaciones que intervienen en el proceso de calentamiento del agua de vaso de piscina, así como la producción de ACS para duchas.

El presente estudio, realiza el cálculo y dimensionado de los equipos necesarios para calentamiento de piscina y producción de ACS para duchas, realizar una inversión en un sistema autosuficiente de agua caliente en la piscina, intentando en la medida de lo posible integrar elementos de alta tecnología sin dañar el entorno que rodea a dicha instalación, y más si cabe cuando los beneficiarios del agua caliente son los niños, jóvenes y población en general que realizan sus vacaciones, y que están siendo educados en los principios elementales del respeto del medio que nos rodea.

Estos equipos o instalaciones comprenden desde la impulsión o aspiración del agua, con sus correspondientes redes de conductos de distribución y todos los elementos complementarios que se precisan. También intercambiadores, acumuladores, redes de tuberías (colectores solares, caldera y auxiliares).

También se ha considerado los sistemas de control y regulación de las diversas partes de la instalación, con el objetivo de conseguir un correcto funcionamiento de las diferentes partes, Este aspecto quedará reflejado mediante pruebas durante el montaje y finalmente en la recepción de la instalación a cargo de la empresa ejecutora.

El déficit energético se suplirá con una caldera con quemador para GLP ó mixta GLP/Diesel, y un calentador que solo se pone en funcionamiento cuando no se produce la temperatura deseada en el sistema.

2. ENERGIA SOLAR DISPONIBLE

Para determinar el sistema más adecuado para la utilización de la energía solar es preciso conocer la energía solar disponible en la región de Puno.

Tabla 1: Resumen de datos registrados (1977-1981)

Meses	Irradiación media anual (kWh.m ⁻²)	Irradiancia (W.m ⁻²)	temperatura da águas da red (°C).	temperatura ambiente máxima (°C).	temperatura ambiente mínima (°C).	Insolacion (horas) (n)	Umedad Relativa (%)
Enero	6.1	1,028.40	15.9	17.7	3.0	6.1	59.8
Febrero	6.0	901.0	16.0	17.4	2.8	6.6	61.4
Marzo	5.7	898.3	16.2	16.6	2.4	6.4	63.8
Abril	5.8	694.1	15.7	16.5	-0.8	8.4	52.0
Mayo	5.5	565.8	14.3	16.7	-3.1	9.7	42.4
Junio	5.2	532.6	12.6	16.3	-4.2	9.8	39.6
Julio	5.2	561.4	12.1	15.5	-4.5	9.3	41.0
Agosto	5.8	609.1	12.5	16.7	-3.4	9.5	40.4
Septiembre	6.3	692.9	13.8	17.6	-2.3	9.2	43.2
Octubre	6.6	769.4	15.1	17.8	0.1	8.6	46.0
Noviembre	6.7	842.0	16.0	18.1	0.9	8.1	47.8
Diciembre	6.4	955.9	16.5	18	1.8	6.8	52.8
Média anual	5.94	754.24	14.73	17.08	-0.61	8.21	49.18

Fuente: SENAMHI

2.1. DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA.

La variación de la irradiación solar sobre una superficie inclinada, precisa de algunos parámetros tales como insolación (número de horas de brillo solar), latitud (θ) del lugar de estudio, ángulo de inclinación del colector (β) y los coeficientes empíricos a y b.

Según el SENAMHI (2003), en la siguiente tabla 2, se muestra los coeficientes empíricos a y b de la ciudad de Puno, para los datos de energía solar diaria.

Tabla 2: Valores de los coeficientes empíricos a y b Según el modelo de Ångström - Prescott.

Estación meteorológica	a	b	Número de datos	Error (%)
COSTA				
Miraflores	0,355	0,392	3 681	-2,4
A. Von Humboldt	0,211	0,467	12 186	12,9
San Camilo	0,321	0,468	2 241	-0,4
La Joya	0,593	0,181	7 534	2,78
SIERRA				
Bambamarca	0,322	0,336	2 697	6,6
Weberbauer	0,231	0,521	18 59	-2,7
Cosmos	0,320	0,384	929	7,4
Huayao	0,397	0,379	6 285	2,2
Granja Kcayra	0,376	0,364	2 199	3,4
Chuquibambilla	0,395	0,384	1 892	-2,1
Puno	0,378	0,438	2 805	9,2
Characato-La Pampilla	0,367	0,396	1 220	10,7
SELVA				
San Ramon SM	0,301	0,377	2 742	6,6
El Porvenir	0,278	0,320	1 613	7,0
Bellavista	0,355	0,341	714	5,9

Fuente: SENAMHI-Perú.

El modelo de Angstrom-Prescott, es utilizado con mayor frecuencia con el objetivo de evaluar la irradiación solar relativa (H/H_o), basada en las horas de sol (n/N). Se calculada según la ecuación (1), expresada de la siguiente manera:

$$\frac{H}{H_o} = a + b \frac{n}{N} \tag{1}$$

Los resultados evaluados son presentados en la Tabla 3, en la cual se presentan la radiación global sobre un plano inclinado, para diferentes ángulos de inclinación (β). La variación del ángulo β permite evaluar la captación de la energía solar sobre un plano inclinado. Según los datos de la Tabla 2, nosotros podemos considerar a los meses mayo, junio, julio, agosto y setiembre como los de mayor periodo de frio. Por consiguiente, el mejor aprovechamiento de la radiación solar sobre el plano inclinado de el colector es para el ángulo β= 25°, tal como se puede verificar en la Tabla 3.

El aprovechamiento energético para esas condiciones en promedio es de 6,4 kWh.m².

Luego, en la figura 1, se muestra el comportamiento de las curvas de la radiación solar sobre un plano inclinado para ángulos de inclinación diferentes. En este gráfico se puede ver que para las los ángulos beta de 15,83, 20 y 25, respectivamente, de la energía solar es cercano a 6 kWh / m²/ meses en el invierno no bajan de 5,5 kWh./ m²/ meses durante el verano.

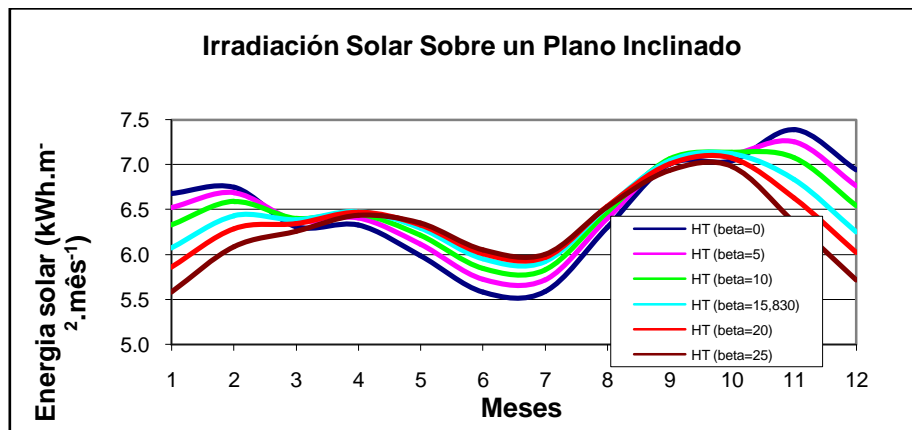


Fig. 1: Radiación solar sobre un plano inclinado para diferentes ángulos de inclinación

Tabla 3: Radiación global sobre un plano inclinado, para diferentes ángulos de inclinación (β)

	a	Albedo (reflectividad del sol)										
	b	0.2										
Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Día médio de cada mês	15	46	74	105	135	166	196	227	258	270	319	349
Albedo (reflectância)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Declinação Angular (δ)	-21.27	-13.29	-2.82	9.42	18.79	23.31	21.52	13.78	2.22	-2.62	-19.15	-23.34
N (h. sol)	12.85	12.51	12.11	11.64	11.26	11.06	11.14	11.47	11.92	12.10	12.75	12.94
n (h.brilh.sol)	6.1	6.6	6.4	8.4	9.7	9.8	9.3	9.5	9.2	8.6	8.1	6.8
H / Ho	0.5860	0.6090	0.6095	0.6941	0.7553	0.7660	0.7435	0.7408	0.7162	0.6893	0.6562	0.6082
H (irra. Plano Horiz.(kWh.m ⁻²))	6.68	6.75	6.31	6.33	5.99	5.58	5.59	6.30	7.00	7.04	7.39	6.95
Ho (kWh.m ⁻²)	11.40	11.08	10.35	9.12	7.93	7.29	7.51	8.51	9.78	10.22	11.26	11.42
Ws1 (ángulo solar horario, plano horizontal)	96.34	93.84	90.80	87.30	84.46	82.98	83.58	86.01	89.37	90.74	95.65	97.03
Ws2 (ángulo solar horario, plano horizontal)	96.34	93.84	90.80	87.30	84.46	82.98	83.58	86.01	89.37	90.74	95.65	97.03
W's (ángulo solar horario, plano inclinado)	96.34	93.84	90.80	87.30	84.46	82.98	83.58	86.01	89.37	90.74	95.65	97.03
Rb	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Hd / H	0.2427	0.2552	0.2474	0.7227	0.7150	0.7117	0.7132	0.7186	0.7268	0.3054	0.2956	0.2632
HT / H	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
HT (β = 0) (kWh. m ⁻² . mês ⁻¹)	6.7	6.7	6.3	6.3	6.0	5.6	5.6	6.3	7.0	7.0	7.4	6.9
HT (β = 5) (kWh. m ⁻² . mês ⁻¹)	6.5	6.7	6.4	6.4	6.1	5.7	5.7	6.4	7.0	7.1	7.3	6.8
HT (β = 10) (kWh. m ⁻² . mês ⁻¹)	6.3	6.6	6.4	6.5	6.2	5.8	5.8	6.5	7.1	7.1	7.1	6.5
HT (β = 15,83) (kWh. m ⁻² . mês ⁻¹)	6.1	6.4	6.4	6.5	6.3	6.0	5.9	6.5	7.0	7.1	6.8	6.3
HT (β = 20) (kWh. m ⁻² . mês ⁻¹)	5.9	6.3	6.3	6.5	6.3	6.0	6.0	6.5	7.0	7.1	6.6	6.0
HT (β = 25) (kWh. m ⁻² . mês ⁻¹)	5.6	6.1	6.3	6.4	6.3	6.1	6.0	6.5	6.9	7.0	6.4	5.7

Fuente: Aporte propio

3. PÉRDIDAS DE CALOR POR EVAPORACIÓN.

El agua de la superficie del vaso o estanque de la piscina que se evapora roba calor al agua, las pérdidas de calor por evaporación Q_e en W/m² se calculan de la siguiente forma:

$$Q_e = \frac{h_{ag} * Me}{S} \tag{2}$$

Donde: S : Es la superficie del agua en m²
 hag : Es el calor latente de evaporación que para el caso del agua es 680 W/Kg.
 Me : Es la masa de agua que se evapora por agua en Kg/h

4. PÉRDIDAS O GANANCIAS DE CALOR POR RADIACIÓN.

Las pérdidas o ganancias de calor por radiación Q_r en W/m² se calculan de la siguiente forma:

$$Q_r = \sigma * \epsilon * (T_{ag}^4 - T_s^4) \tag{3}$$

Donde: σ : 5,67*10⁻⁸ W/m² K es la constante de Stefan-Boltzman.
 ε : 0,095 es la emisividad del agua.
 Tag : La temperatura del agua.
 Ts : Es la temperatura de la superficie que forma el cerramiento en °K

5. GANANCIAS DE CALOR POR CONVECCIÓN.

Las ganancias de calor por convección se calculan Q_c en W/m^2 se calcula de la siguiente forma:

$$Q_c = h * (T_a - T_{ag}) \tag{4}$$

Donde:

- T_a : Es la temperatura del aire.
- T_{ag} : Es la temperatura del agua.
- H : Es el coeficiente de transferencia de calor por convección en W/m^2

6. PÉRDIDAS DE CALOR POR CONDUCCIÓN.

Las pérdidas de calor por conducción a través de las paredes y muros Q_{cond} en W/m^2 se calcularán con la siguiente fórmula:

$$Q_{cond} = \frac{K * S_p * (T_{ag} - T_{ex})}{S} \tag{5}$$

Donde:

- K : Es el coeficiente de transmisión de calor de muros y solera en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$,
- S_p : Es la superficie de solera y paredes del vaso.
- T_{ex} : Es la temperatura exterior a las superficies que forman el vaso en $^\circ K$

7. DATOS DE PARTIDA.

Los datos de partida son aquellos datos que presuponemos para poder comenzar los cálculos. En este caso, fijar los datos de partida consiste en fijar las condiciones interiores y exteriores, tanto para invierno como para el verano. Los datos de partida se pueden resumir en los siguientes puntos:

7.1. CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO:

- Longitud : $70^\circ 02'$ este.
- Latitud : $15^\circ 50'$ sur.
- Altitud : 3825 m.s.n.m.
- Viento dominante : 5,6 m/s en todas las direcciones.

Tabla 4: Condiciones generales de cálculo

Ubicación de la Piscina y Duchas	Interior
Superficie de la Piscina	300 m^2 (25m x 12m)
Volumen de la Piscina	510.0 m^3 (510.000,00 Lt.)
Humedad Relativa	49.2 %
% de tiempo con y sin manta térmica	50.0 %, 100%
Temperatura Deseada de Agua de la Piscina	26 $^\circ C$
Temperatura Deseada de ACS	45 $^\circ C$
Nº Duchas Varones	22
Nº Duchas damas	14
Principio de circulación:	Circulación forzada
Transferencia de calor:	Intercambiador de calor interconectado con circuito primario de sistema auxiliar/ Intercambiador de calor con acumulador solar
Sistema de circulación:	Sistema abierto/ Sistema cerrado
Aporte de energía auxiliar:	Generador de Vapor en línea centralizado-con Quemador mixto de (GLP/DIESEL)

8. RESULTADOS PRELIMINARES OBTENIDOS

8.1. CALENTAMIENTO SOLAR DE PISCINA CON COLECTORES PLANOS DE POLIPROPILENO INCLUYENDO MANTA TÉRMICA.

Datos Geográficos y Climatológicos

- Ciudad : Puno
- Latitud de cálculo : -15.83
- Latitud [°/min.] : -15, 50'
- Altitud [m] : 3825.00
- Humedad relativa media [%] : 49.20
- Velocidad media del viento [Km/h] : 20.00
- Temperatura máxima en verano [°C] : 18.80
- Temperatura mínima en invierno [°C] : -4.50

Datos Relativos a las Necesidades Energéticas

Ubicación de la piscina	:	Interior
Superficie de la piscina [m ²]	:	300
Volumen de la piscina [m ³]	:	510
Humedad relativa [%]	:	60
Temperatura deseada de agua [°C]	:	26
Porcentaje de tiempo sin manta térmica [%]	:	50

Datos Relativos del Sistema de Colectores Solares

Curva de rendimiento do colector: $r = 0.60 - 20.50 * (t_{in} - t_a) / I$

Factor de eficiencia del colector estimado	:	0.60
Coefficiente global de pérdida de calor [W/(m ² ·°C)]	:	20.50
Caudal en circuito primario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]	:	100 (caudal de diseño)
Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]	:	0.9

Tabla 5: Datos de Salida de las Necesidades Energéticas con Manta Térmica

Demanda Anual (kWH)	460,594
Ahorro de Energía/Año (kWH)	298,149
Superficie Colectora [m ²]	461.2 → 462
Área Colector [m ²]	4,4
Nº Colectores Necesarios	100 → 105
Inclinación [°]	15,83 → 16
Aportación o Fracción Solar Anual Medio %	65,0%
Déficit Energético (kWH)	162,415
Rendimiento Colector	60.0%

Tabla 6: Resumen de Perdidas Para Piscina Interior Con Manta Térmica

Parámetros de Transferencia de calor	Ambiente en que está localizada la piscina techado con manta térmica	
	MWH	Porcentaje (%)
Proceso		
Perdidas por Conducción	149	32
Perdidas por Convección	131	29
Perdidas por Radiación	0	0
Perdidas por Reabastecimiento de agua	11	2
Perdidas por Evaporación	169	37
Aporte solar directo	0	0
Total	461	100

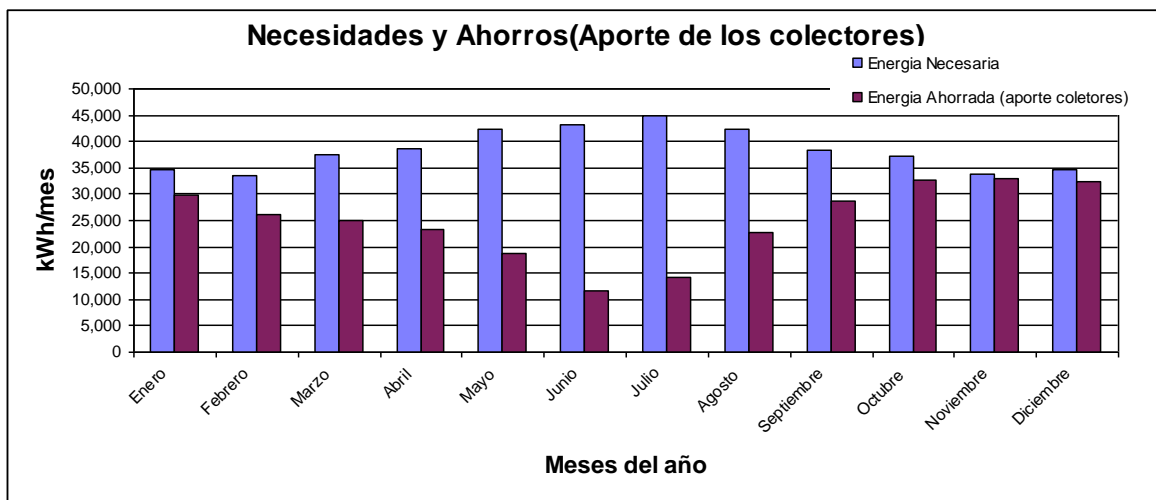


Fig. 2: Demanda De Energía y Aporte De Colectores Incluyendo Manta Térmica

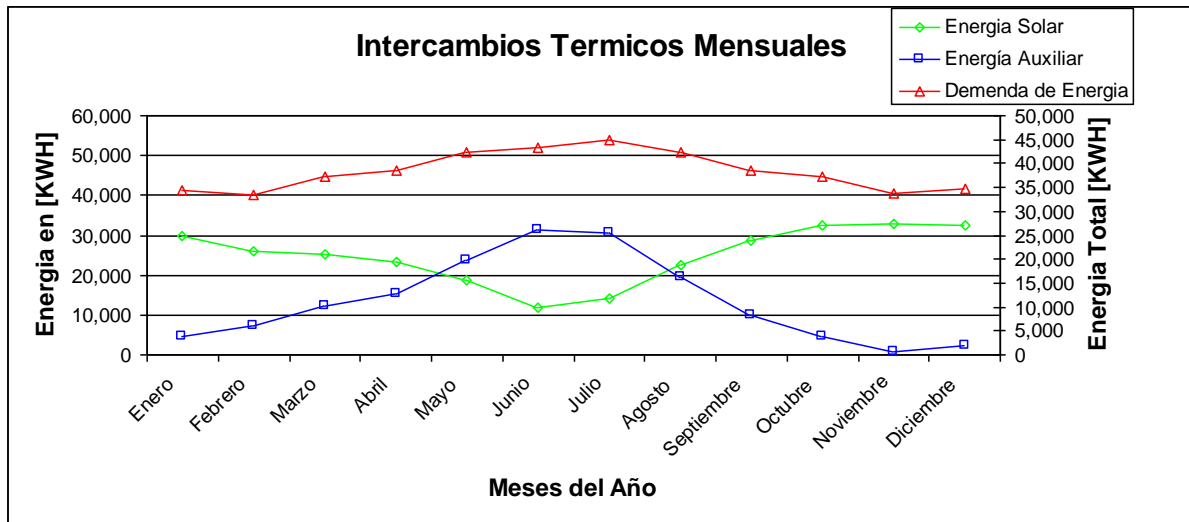


Fig. 3: Intercambios Térmicos de Energía Mensuales con Manta Térmica

Tabla 7: Resultados de Temperatura, Radiación para Calentamiento Con Manta Térmica

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
T. media ambiente [°C]:	15.75	15.00	14.50	13.75	12.75	12.00	12.00	13.00	14.00	14.75	15.50	15.75	14.06
T. media agua red [°C]:	19.20	18.00	16.80	15.60	14.40	13.20	12.00	13.20	14.40	15.60	16.80	18.00	15.60
Rad. horiz. [kWh/m2/dia]:	6.68	6.75	6.31	6.33	5.99	5.58	5.59	6.30	7.00	7.04	7.39	6.95	6.49
Rad. inclin. [kWh/m2/dia]:	6.12	6.45	6.37	6.80	6.73	6.44	6.40	6.90	7.23	7.11	6.86	6.30	6.64
Temp. deseada [°C]:	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
Temp. ambiente [°C]:	17	16	16	15	14	13	13	14	15	16	17	17	15.25
% de tiempo sin manta:	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50.00

Tabla 8: Pérdidas de Energía con Manta Térmica en [kWH]

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Pérd. Cond.	10,743	10,586	11,999	12,557	14,092	14,583	15,069	13,953	12,422	11,860	10,532	10,743	149,139
Pérd. Conv.	9,345	9,378	10,383	11,053	12,460	13,063	13,498	12,460	11,053	10,383	9,043	9,345	131,466
Pérd. Rad.	5.0	4.7	5.2	5.2	5.5	5.4	5.6	5.5	5.2	5.2	4.9	5.0	62.4
Pérd. Agua	625	664	846	925	1,066	1,139	1,287	1,177	1,032	956	819	735	11,272
Pérd. Evap.	13,810	12,766	14,133	13,957	14,679	14,428	14,909	14,679	13,957	14,133	13,364	13,810	168,625
Ap. Sol. Dir.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pérd. Glob.	34,528	33,399	37,367	38,498	42,303	43,218	44,768	42,274	38,470	37,338	33,763	34,638	460,564

Tabla 9: Energía Necesaria y Ahorro para Calentamiento del Vaso de Piscina con Manta Térmica en [kWH]

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Energía Neces.	34,528	33,399	37,367	38,498	42,303	43,218	44,768	42,274	38,470	37,338	33,763	34,638	460,564
Ahorro Energ.	29,758	26,010	25,139	23,367	18,742	11,739	14,190	22,689	28,591	32,588	33,039	32,298	298,149
Ahorro en [%]:	86.2	77.9	67.3	60.7	44.3	27.2	31.7	53.7	74.3	87.3	97.9	93.2	64.7%
Energía Aux.	4,771	7,389	12,228	15,131	23,561	31,478	30,578	19,585	9,879	4,750	724	2,341	162,415

8.2. CALENTAMIENTO SOLAR DE PISCINA CON COLETORES PLANOS DE POLIPROPILENO SIN MANTA TERMICA

Datos Relativos a las Necesidades Energéticas

Ubicación de la piscina	:	Interior
Superficie de la piscina [m2]	:	300
Volumen de la piscina [m3]	:	510
Humedad relativa [%]	:	60
Temperatura deseada de agua [°C]	:	26
Porcentaje de tiempo sin manta térmica [%]	:	100

Datos Relativos del Sistema de Colectores Solares

Curva de rendimiento do colector: $r = 0.60 - 20.50 * (t_{in} - t_a) / I$
 Factor de eficiencia del colector : 0.60
 Coeficiente global de pérdida de calor [W/(m2.°C)] : 20.50
 Caudal en circuito primario [(L/h)/m2] - [(Kg/h)/m2] : 100
 Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg.°C)] : 0.9
 Eficiencia del intercambiador : 0.65

Tabla 10: Datos de Salida de las Necesidades Energéticas Sin Manta Térmica

Demanda Anual (kWH)	629,050
Ahorro de Energía/Año (kWH)	298.639
Superficie Colectora (m²)	461.2 → 462
Área Colector [m²]	4,4
Nº Colectores Necesarios	100 → 105
Inclinación [°]	15,83 → 16
Aportación o Fracción Solar Anual Medio %	47.5%
Déficit Energético (kWH)	330,411
Rendimiento Colector	60.0%

Tabla 11: Resumen de Perdidas para Piscina Interior Sin Manta Térmica

Parámetros de Transferencia de calor	Ambiente en que está localizada la piscina techado sin manta térmica	
	MWh	%
Proceso		
Perdidas por Conducción	149	24%
Perdidas por Convección	131	21%
Perdidas por Radiación	0	0%
Perdidas por Reabastecimiento de agua	11	2%
Perdidas por Evaporación	337	54%
Aporte solar directo	0	0%
Total	629	100%

Tabla 12: Resultados de Temperatura, Radiación para Calentamiento de Piscina Sin Manta Térmica

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Tª. media ambiente [°C]:	15.75	15.00	14.50	13.75	12.75	12.00	12.00	13.00	14.00	14.75	15.50	16.00	14.08
Tª. media agua red [°C]:	19.20	18.00	16.80	15.60	14.40	13.20	12.00	13.20	14.40	15.60	16.80	18.00	15.60
Rad. horiz. [kWh/m2/dia]:	6.68	6.75	6.31	6.33	5.99	5.58	5.59	6.30	7.00	7.04	7.39	6.95	6.49
Rad. inclin. [kWh/m2/dia]:	6.12	6.45	6.37	6.80	6.73	6.44	6.40	6.90	7.23	7.11	6.86	6.30	6.64
Temp. deseada [°C]:	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Temp. ambiente [°C]:	17	16	16	15	14	13	13	14	15	16	17	17	15.25
% de tiempo sin manta term:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 13: Pérdidas de Energía Sin Manta Térmica en [kWH]

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Pérd. Cond.	10,743	10,586	11,999	12,557	14,092	14,583	15,069	13,953	12,422	11,860	10,532	10,604	148,999
Pérd. Conv.	9,345	9,378	10,383	11,053	12,460	13,063	13,498	12,460	11,053	10,383	9,043	9,345	131,466
Pérd. Rad.	5.0	4.7	5.2	5.2	5.5	5.4	5.6	5.5	5.2	5.2	4.9	5.0	62.3
Pérd. Agua	625	664	846	925	1,066	1,139	1,287	1,177	1,032	956	819	735	11,272
Pérd. Evap.	27,619	25,531	28,267	27,914	29,359	28,856	29,818	29,359	27,914	28,267	26,728	27,619	337,251
Ap. Sol. Dir.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pérd. Glob.	48,338	46,165	51,500	52,455	56,983	57,645	59,677	56,954	52,426	51,471	47,127	48,309	629,050

Tabla 14: Energía Necesaria y Ahorro Para Calentamiento del Vaso de Piscina sin Manta Térmica en [kWH]

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Energía Neces.	48,338	46,165	51,500	52,455	56,983	57,645	59,677	56,954	52,426	51,471	47,127	48,309	629,050
Ahorro Energ.	29,760	26,013	25,142	23,370	18,744	11,741	14,192	22,692	28,594	32,591	33,042	32,758	298,639
Ahorro en [%]:	62	56	49	45	33	20	24	40	55	63	70	68	47.5%
Energía Aux.	18,577	20,152	26,358	29,085	38,238	45,905	45,485	34,262	23,832	18,880	14,085	15,550	330,942

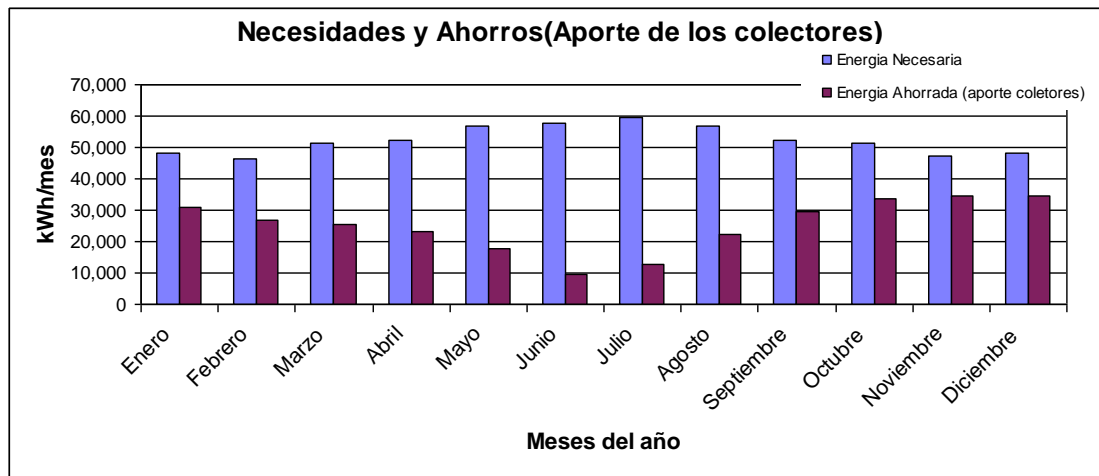


Fig. 4: Demanda De Energía y Aporte De Colectores Sin Manta Térmica

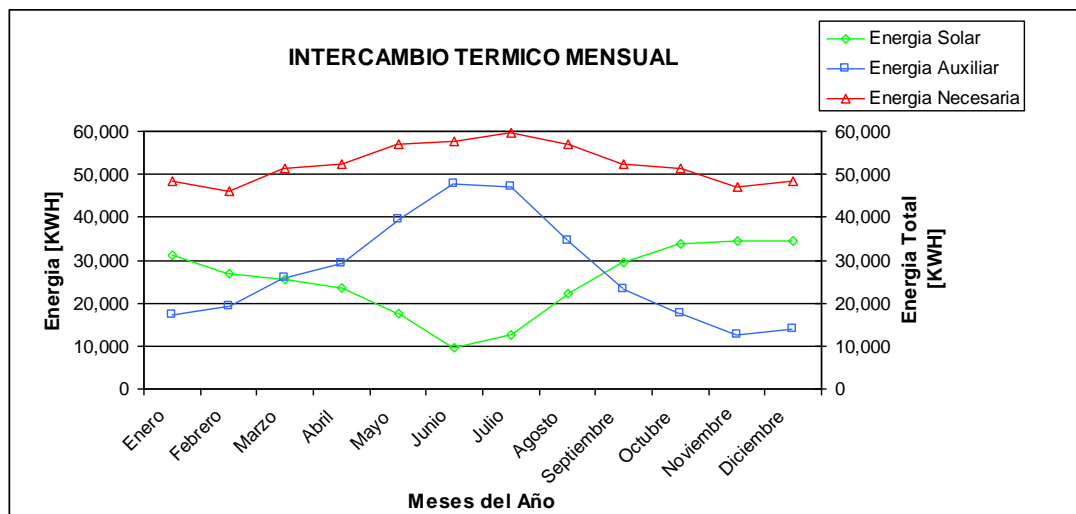


Fig. 5: Intercambios Térmicos de Energía Mensuales Sin Manta Térmica

9. CALCULOS PARA LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Tabla 15: Caudales instantáneos mínimos en los aparatos sanitarios según la Norma Básica para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua

Sanitario	Cantidad	Caudal (lt/s)	Caudal frío	Caudal Caliente
Ducha varones (0,20 l/s)	22	0.2	2.2	2.2
Ducha damas (0,20 l/s)	14	0.2	1.4	1.4
Lavatorio S. H. (0,10 l/s)	22	0.1	2.2	0.0
Water con Dep.(0,10 l/s)	16	0.1	1.6	0.0
Urinario (0,10 l/s)	2	0.1	0.2	0.0
TOTAL			7.6	3.6

Por lo tanto el caudal instantáneo instalado será de 11.2 l/s, que equivale al total del agua fría, ya que las duchas pueden consumir agua fría, caliente o mezcla de las dos.

Además hay un punto de consumo que es el llenado de la piscina, para calcular el caudal de agua necesario se utiliza el consumo energético de la piscina por evaporación dividiéndolo entre la energía específica del agua (2.500 kJ/l):

Tabla 16: Potencia de evaporación y consumo

Piscina para:	Evaporación (W)	Consumo (lt/s)	Llenado (lt/s)
Natación	58.442,92	7,79	10

Finalmente se instalará un llenado de 10 l/s para la piscina, Por lo tanto el caudal instantáneo instalado = 21,1 l/s

9.1. DEMANDA ENERGETICA PARA PRODUCCION DE ACS

Datos Relativos Del Sistema De Colectores Solares De Placa Plana

$$\text{Curva de rendimiento do colector: } r = 0.59 - 6.0 * (t_{in} - t_a) / It$$

Factor de eficiencia del colector	:	0,6
Coefficiente global de pérdida [W/(m ² ·°C)]	:	6,0
Volumen de acumulación [L/m ²]	:	75
Caudal en circuito primario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]	:	90 (caudal de diseño)
Caudal (L/h) Primario	:	199
Caudal en circuito secundario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]	:	108
Caudal (L/h) Secundario	:	239
Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]	:	0,9
Calor específico en circuito secundario [Kcal/(Kg·°C)]	:	1,0
Eficiencia del intercambiador	:	0,6

Datos Relativos A Las Necesidades Energéticas

Número de ocupantes	:	250
Consumo por ocupante [Lt/día]	:	20
Consumo de agua a máxima ocupación [Lt/día]	:	5000
Temperatura de utilización [°C]	:	45

Tabla 17: Cálculo del porcentaje de ocupación y la Energía necesaria de ACS

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
% de ocupación:	100	100	100	100	80	80	80	80	100	100	100	100	93
Consumo de agua [m ³]:	155,0	140,0	155,0	150,0	124,0	120,0	124,0	124,0	150,0	155,0	150,0	155,0	1702,0
Incremento T ^a . [°C]:	25,8	27,0	28,2	29,4	30,6	31,8	33,0	31,8	30,6	29,4	28,2	27,0	
Ener. Nec. [Mcal]:	3.999	3.780	4.371	4.410	3.794	3.816	4.092	3.943	4.590	4.557	4.230	4.185	49.768

Tabla 18: Calculo de la Demanda Energética

Demanda Anual (kWH)	57.869,30
Ahorro de Energía/Año (kWH)	43.620,50
Superficie Colectora útil (m ²)	66,3 → 66
Nº Colectores Necesarios	30
Aportación Solar Anual Medio %	75,4%
Déficit Energético (kWH)	14,251
Rendimiento Colector	60,0%

Tabla 19: Calculo Final de Salida en [kWH]

Meses del año	Energía demanda (kWH)	Energía Solar (kWH)	Energía Caldera (kWH)	Fracción Solar (%)
Enero	4650,0	3303,9	1346,1	71,05
Febrero	4395,3	3244,7	1150,6	73,82
Marzo	5082,6	3685,6	1396,9	72,52
Abril	5127,9	3714,8	1413,1	72,44
Mayo	4412,1	3474,4	937,70	78,75
Junio	4437,2	3298,6	1138,6	74,34
Julio	4758,1	3509,6	1248,6	73,76
Agosto	4585,1	3715,2	869,90	81,03
Septiembre	5337,2	4138,5	1198,7	77,54
Octubre	5298,8	4200,0	1098,8	79,26
Noviembre	4918,6	3813,2	1105,4	77,53
Diciembre	4866,3	3521,9	1344,4	72,37
TOTAL	57.869,3	43.620,5	14.248,8	75,40%

Como se puede observar el 75,40% de la energía utilizada para producir agua caliente sanitaria es energía solar.

9.2. CÁLCULO DE LOS COLECTORES O PLACAS SOLARES.

DATOS DE SALIDA

Número de colectores	:	30
Área de colector unid. [m ²]	:	2,21
Área colectores [m ²]	:	66,30
Inclinación [°]	:	16
Volumen de acumulación [Lt.]	:	5.000
Caudal total de líquido portador	:	5.000,0 Litros/h.
Potencia máxima absorbida por el agua	:	292 kW.

Diámetro de la tubería que conecta el intercambiador con las placas: 2”.

El caudal de diseño de agua que pasa por los colectores es de 90,0 lt/h.m², y en el interior de la placa hay un salto térmico del agua entre 15 y 40°C aproximadamente dependiendo de la temperatura que haya en el depósito y de la radiación que incida en ese momento.

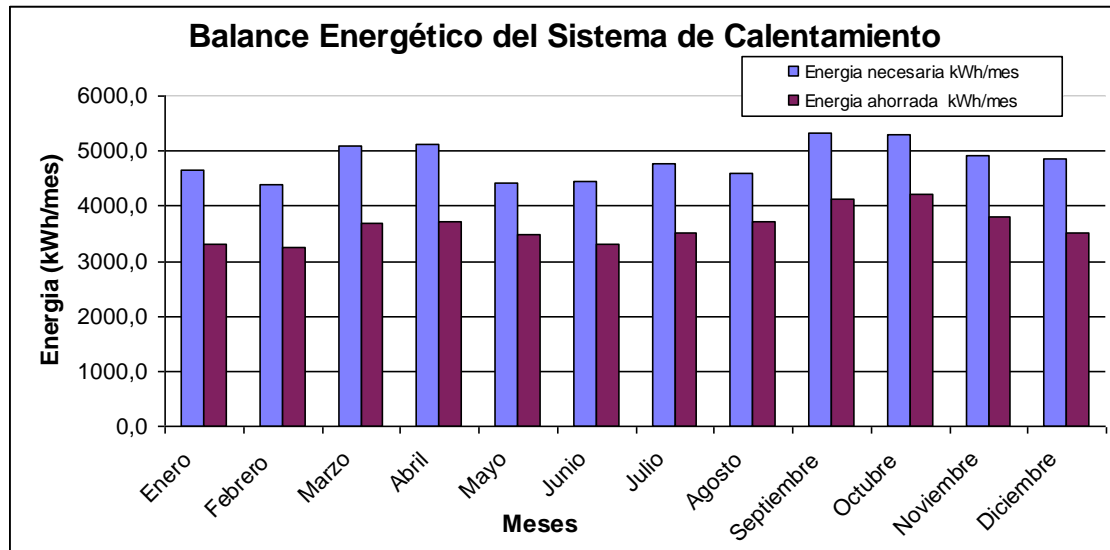


Fig. 6: Balance energético para la producción de ACS.

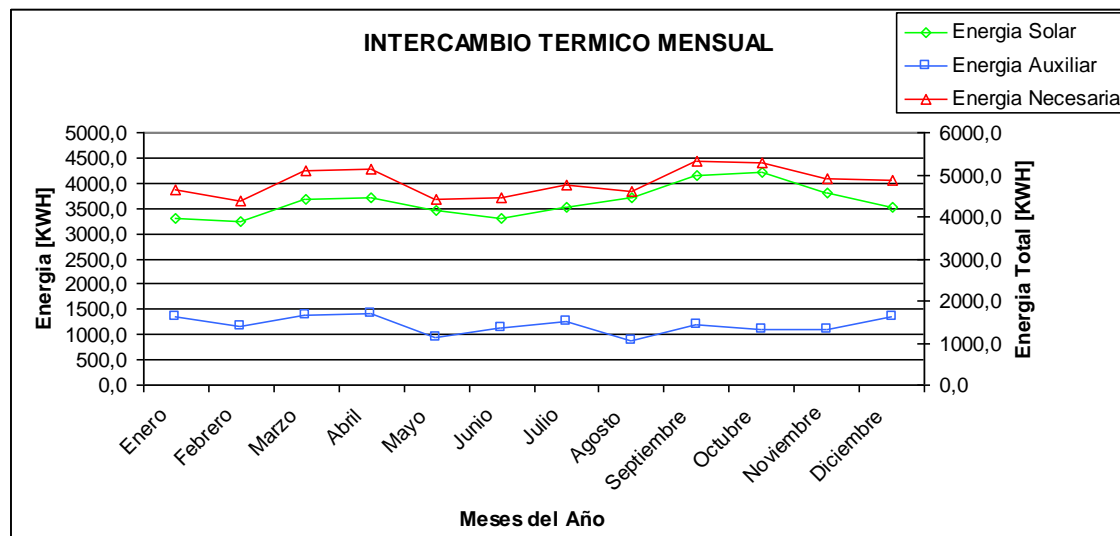


Fig. 7: Intercambios Térmico Energético Mensual para la producción de ACS.

9.3. ANALISIS DEL CÁLCULO DE ACUMULACION Y PRODUCCIÓN DE A.C.S.

Se ha elegido un volumen de acumulación de 75.0 Lt/m² de superficie colectora, debido a que se trata de una instalación con un desfase entre captación y consumo no superior a 24 horas, que es el recomendado. Realizando análisis el volumen de agua consumida en 1 día, si una ducha gasta 0,1 l/s de agua caliente y una persona que entra a la ducha utiliza aproximadamente 5 a 10 minutos la ducha y se estima una asistencia media de personas de 250 personas/día.

$$Q_c \times T_c = Q_a \times T_a + Q_r \times T_r \quad (6)$$

Donde:

- Tc : Temperatura del agua caliente de consumo (°C).
- Ta : Temperatura del agua de acumulación (°C).
- Tr : Temperatura del agua de red (°C).
- Qc : Caudal diario del agua de consumo (l/día).
- Qa : Caudal diario del agua de acumulación (l/día).
- Qr : Caudal diario del agua de red (l/día).

Por lo tanto el volumen de acumulación será de 5.000 litros. Se pondrán 2 depósitos de uno de 2500,0 litros, que estará conectado mediante un intercambiador de calor que se calentará mediante los colectores de placa plana, el agua pasará por este depósito primero, luego pasará al un calentador donde se acabará de calentar con agua de caldera a través de un intercambiador si no se alcanza la temperatura adecuada de uso.

Agradecimientos

El agradecimiento para el Ing. Teddy A. Flores Meléndez MGS. En Energías de la USP- Brasil, Ing. Wildor Maldonado Carbajal UNI Lima, al MGS Ing. Norman J. Beltrán Castañón. USP - Brasil, por su valioso aporte de ideas a este trabajo, así mismo a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano UNAP.

REFERENCIAS

- [1] Herrero, M. A. (2002). Aprovechamiento Térmico de la Energía Solar, volumen 1. Energías Renovables para el Desarrollo, Thomson Editores Paraninfo, Madrid, España.
- [2] Duffie, J., A., and Beckman, W., A., Solar engineering of thermal processes, New York USA, John Wiley & Sons, 2da Ed, 1991
- [3] Lunde, P. J. (1974). Solar Thermal Engineering, Space Heating and Hot Water Systems, volume 1. Hartford Graduate Center, John Wiley Sons, New York.
- [4] Manrique, J. A. (1984). Energía Solar, fundamentos y aplicaciones fototérmicas, volumen 1. Harla, México, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores, Monterrey.
- [5] Meinel, A. B. and Meinel, M. P. (1982). Aplicaciones de la Energía Solar, volume 1. Editorial Reverté. S.A. Optical Sciences Cente., University of Arizona.
- http://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas_solar.pdf.
- <http://www.inei.gob.pe>

STUDY FOR THE CLIMATIZACIÓN OF THE SWIMMING POOL AND THE PRODUCCION OF SANITARY HOT WATER ACS WITH ENERGIA SOLAR OF THE UNAP

Abstract. *In this study is the dimensioning of the potential need to introduce the solar energy and design of the thermal installations for the air conditioning of the indoor swimming pool of 300 m² with capacity for 510.000 liters of water to 26°C, and the production of ACS to 45°C consumption to 250 people a day. Giving a system of 105 collectors levels without a roof of polypropylene for pool with yield curves efficient for installation. Placed horizontally in three rows of seven groups of collectors and each group is composed of 5 collectors, the hydraulic circuit is defined not to have no loss of burden which may affect the performance of the system, using return invested.*

The production of ACS will be supported by 30 collector's planes with selective deck with yield curves optimal for the installation consisting of two circuits: primary and secondary, a heat exchanger y coil inside. Two accumulates one of 2,500.00 liters in an inter-accumulator and 2,500.00 liters in a heater that have any connection with the system assistant to the steam generator through a heat exchanger (making a total of 5,000.0 liters).

In addition to possess support an auxiliary system composed of a steam generator of 75 BHP (707 kW), with burner joint LPG and Diesel. This will require a heat exchanger of stainless steel 350 kW, and two exchangers incorporated of 260, and 92 kW respectively. The bombs were to be able to move a volume close to the 12.0 liters/sec. Without having problems with the loss of load on the circuit (Drive nor that of Aspiration).

The system of solar collectors to the pool and the production of ACS will be controlled by a sensor solar composed of solar cell CS-10I (for the detection of the intensity of solar radiation to the command of regulating pumps that connect to computers control differential, both drivers possess a probe of outside temperature for weather.

The energy expenditure for the pool, would be approximately 460.564 kWh, of which 300.417 kWh would be contributed by the solar power system, equivalent to 65.0 per cent of the need for the installation, and for the installation of ACS is 57,869.30 kWh, of which 43,620.5 kWh the bring the solar system heat, which amounts to more than 75 percent of the annual energy necessary. Therefore, the solar system provides a benefit and/or reduction in expenditure of more than 75 per cent. It has been achieved a reduction in the energy expenditure of the installation of approximately 30,000 cubic meters of GPL, which makes a great profitability to the installation and a joint input from 70.0 per cent of the need energy of the installation with the support system solar.

Key Words: *Solar Energy, savings, collector's levels, accumulator, heat exchanger, control differential.*