

COMPORTAMIENTO DE LA ESTRATIFICACION EN UN
TERMOTANQUE SOLAR FUNCIONANDO POR TERMOSIFON

Juan C. Ducard - Carlos A. Montaña
Ingenieros del Dto de Ingeniería de
SMAR S.A.I.C. - Caseros - Bs. As. - Argentina

Resumen

Se presenta un método que permite conocer en un tanque determinado de 200 lts de capacidad el comportamiento de la estratificación en seis capas iguales de agua, medidas las temperaturas con termómetro de bulbo sumergido y con equipo funcionando por termosifón, con dos placas colectoras de $1,74 \text{ m}^2$ cada una. Se efectúan extracciones de agua, que representan un consumo figurado; se dan las horas y cantidades de litros extraídos, en cada caso con la curva de comportamiento de la temperatura, antes y después de la extracción, para los diferentes niveles de medición. Son presentadas mediciones de pérdida de temperatura nocturnas del agua con sus curvas correspondientes. Se interpolan valores para varias temperaturas ambientales.

Abstract

In this paper a method to evaluate the behaviour of a stratified storage tank is presented. The test were done on a thermosifonic solar water heater with a 200 lt storage tank and two flat plate collectors with a gross area of $1,74 \text{ m}^2$ each. The temperatures were measured with liquid in glass thermometers, equally spaced, at six different heights. The temperature curves are plotted before and after each water extraction and the measurements of nocturnal losses it's also included.

Introducción:

Uno de los elementos constitutivos de todo equipo de agua caliente a energía solar, es el tanque de almacenamiento.

En un tanque típico, el egreso de agua caliente ante el consumo realizado, produce el ingreso de igual cantidad de agua de la línea domiciliaria, manteniéndose constante el volumen total de agua durante los intervalos de no-consumo, y permitiendo a los colectores la restauración de la temperatura dentro del tanque.

Este proceso de extracción - ingreso - recirculación, produce dentro del termo tanque un gradiente de temperaturas (estratificación).

Dicho gradiente, oscila entre dos valores límites: la temperatura del agua de línea en la zona inferior (fondo) y la temperatura del agua a la salida del colector en la zona superior (cumbre).

Este proceso es de gran importancia en los equipos solares, debido a la baja densidad de energía colectada, y con la consiguiente lentitud del proceso de recuperación de temperatura.

Interesados en conocer mejor el comportamiento de las distintas capas de agua dentro del tanque, y hallar su relación con los diversos factores en juego, hemos realizado una serie de ensayos de los equipos actualmente producidos por la empresa, en busca de un diseño óptimo.

Uno de los factores importantes dentro del proceso de estratificación, es la distribución y la magnitud del consumo de agua a lo largo del día, en relación con la capacidad de recuperación térmica debida a la energía colectada luego de dicho consumo.

Para estudiar este proceso, la primera etapa fue la observación del fenómeno bajo condiciones controladas, y con una norma de consumo simulada para una familia tipo, tanto en volúmenes, como en los horarios de las extracciones.

Realización:

El equipo evaluado está constituido por dos colectores de 1,76 m² de superficie colectora cada uno y un termotanque de 200 litros de capacidad con una relación altura-diámetro de 2,47.

El termotanque, de cubierta exterior de chapa galvanizada y aislación de 2" de

espesor de lana de vidrio, densidad 20 Kg./m³, fué instalado a la intemperie, en condiciones normales de uso, en nuestra fábrica sita en la localidad de Caseros, provincia de Buenos Aires.

Para la medición de temperaturas dentro del tanque, se instalaron 5 termómetros de bulbo sumergible, de 200 mm. de largo, con lectura en dial de \varnothing 80 mm, apreciación de 0,25 °C y 100 °C a plena escala.

Dichos termómetros se instalaron equiespaciados dentro del tanque, de tal suerte que las capas de agua entre uno y otro sean de igual volumen, en este caso 33,3 litros.

La secuencia de extracciones simula dos baños a la mañana, dos a la tarde, lavado de vajilla, ropa, y otras necesidades en el transcurso del día, y es la siguiente:

75 litros a las	8.30 horas
40 " " "	10.30 "
30 " " "	12.30 "
20 " " "	16.30 "
75 " " "	18.00 "

El total extraído es de 240 litros, cifra superior a la capacidad del tanque, pero está dentro del margen de recuperación del equipo.

Las mediciones de temperaturas se realizaron antes u después de cada extracción para seguir el proceso de mezcla con agua fría, y el posterior calentamiento solar.

Paralelamente se registró la radiación solar incidente y la temperatura de entrada del agua (aproximadamente constante), manteniéndose constantes la presión y el caudal de entrada para evitar variaciones y poder comparar los datos de varios días.

Se midieron las temperaturas en los cinco puntos luego de la última extracción de cada día, para seguir la evolución de las capas durante las horas de la noche.

Resultados:

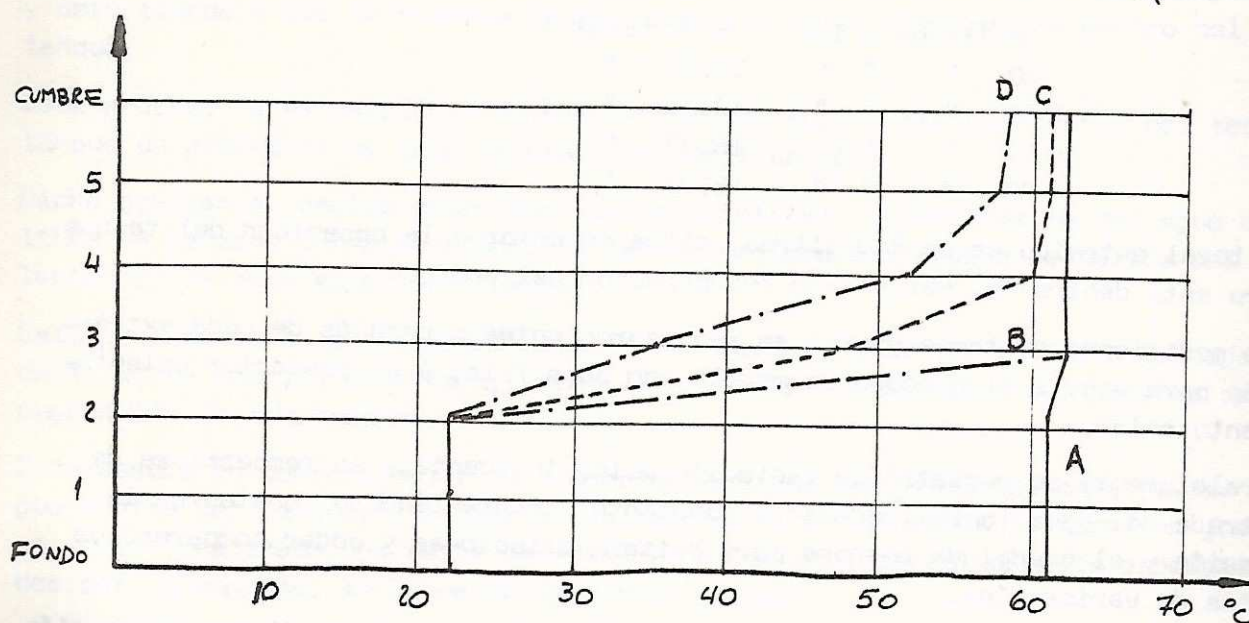
El el gráfico 1 podemos observar la evolución de la temperatura en los cinco puntos de referencia, se trata de las mediciones a partir de la última de las extracciones de 75 litros, realizada a las 18 horas, y se grafican los promedios de 5 días.

Notamos que inicialmente - curva A - la temperatura está homogeneizada en todo el tanque.

En el instante de la extracción, se produce una perturbación casi instantánea en los primeros dos puntos de referencia, que toman el valor de la temperatura de línea (22 °C), manteniéndose el resto de los puntos a la temperatura inicial.

Esto se observa en la curva B, tomada a 5' de la extracción. Luego de una hora (curva - C) los tres primeros puntos de observación, que abarcan una zona de aproximadamente 150 litros, han disminuido su temperatura apreciablemente, mientras que los dos superiores se mantuvieron casi constantes. Por último, la curva D nos muestra el estado del tanque a la mañana del día siguiente, donde la estratificación relativa se mantuvo, pero siendo observable la variación por pérdidas durante la noche, que como es de esperar son más importantes en la zona de mayor temperatura. Se observa, también que la mayor caída de temperatura se produjo en el punto 3: (15 °C), esto coincide con el hecho de ser esta la capa que soporta una mayor diferencia de temperatura, entre la zona inferior que se mantiene a temperatura de línea, y la superior que fué la menos perturbada por la extracción.

Graf. 1

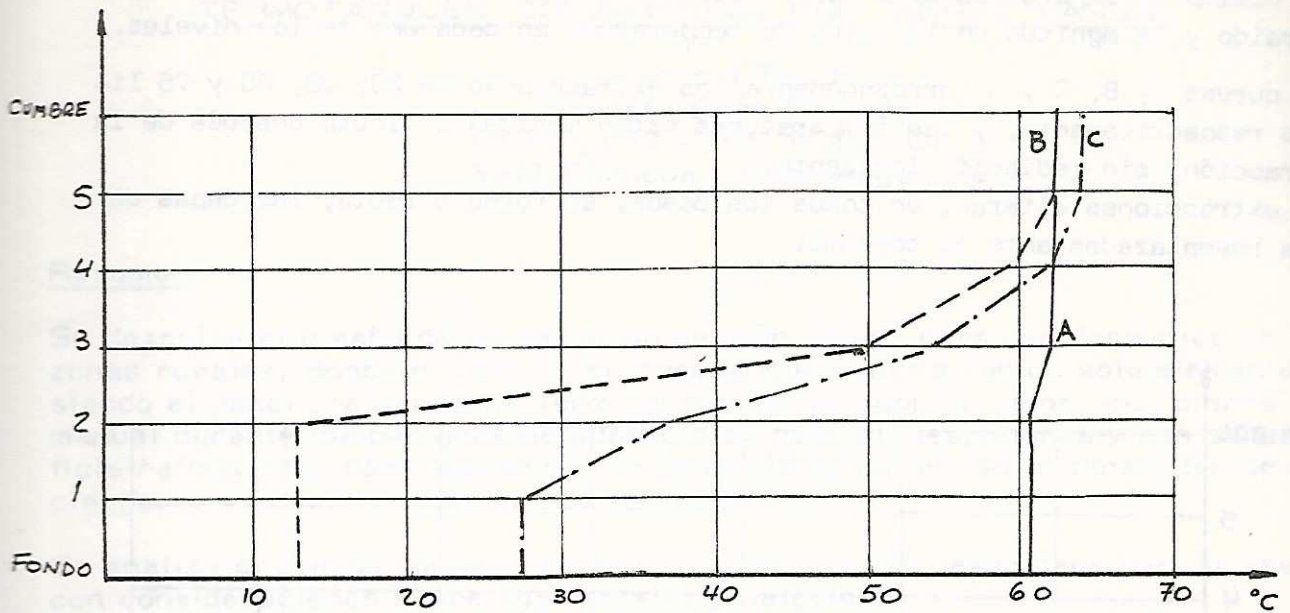


El gráfico 2 nos presenta la misma extracción (75 litros) pero realizada a las 8.30 horas, o sea con el equipo en condiciones de recuperar con la radiación recibida, parte del calor extraído.

La curva A nos muestra el estado inicial, con los cinco puntos a temperaturas semejantes, para lograr esta situación a la mañana, fué necesario suplementar durante la noche con energía eléctrica, mediante una resistencia.

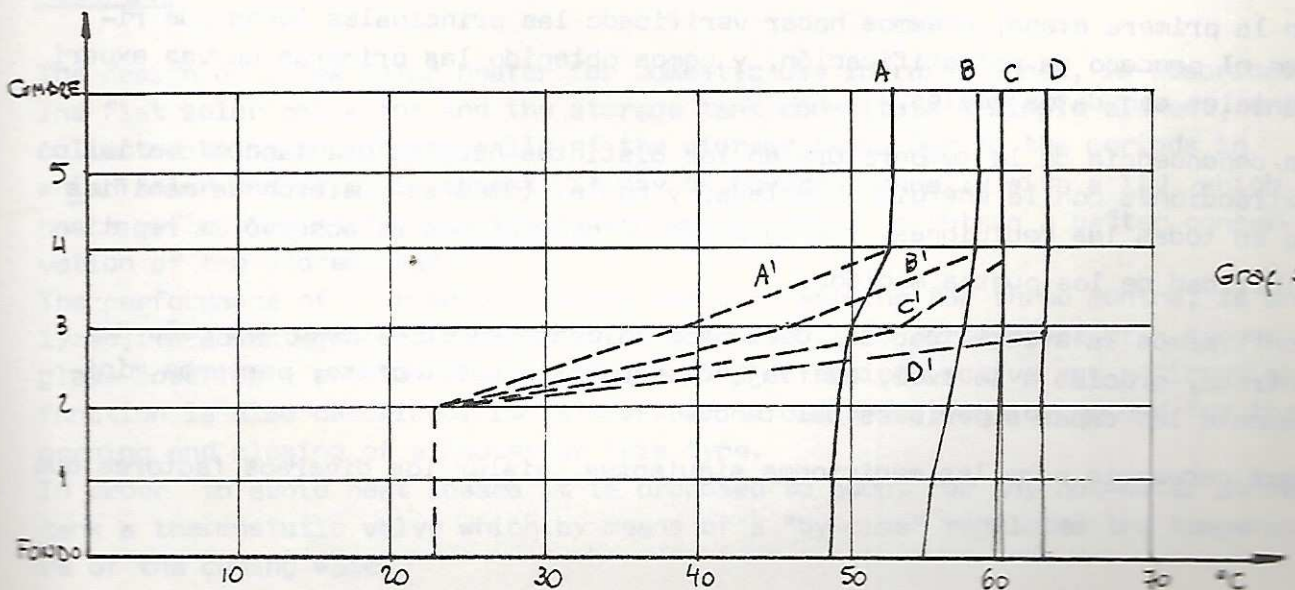
A una hora de la extracción (curva B) la situación es semejante a la observada en el caso anterior, excepto por un pequeño aumento en la temperatura de los dos puntos superiores, que son los más cercanos a la zona de reingreso de agua caliente de los colectores.

Es una hora más tarde (curva C) donde observamos la recuperación por parte del equipo, en forma de un aumento global de la temperatura en todas las zonas, tendiente a retornar al estado de equilibrio inicial, que será alcanzado a lo largo del día de no mediar nuevas extracciones.



Graf. 2

En el gráfico 3 se observa la evolución de las temperaturas en cuatro días de medición, antes y después de la extracción de 75 litros, observándose que, si bien las magnitudes de las temperaturas medidas los distintos días varían de acuerdo a las condiciones de radiación imperantes, la curva de variación en cada uno de ellos sigue una ley común: las 2 ó 3 primeras capas son perturbadas rápidamente por la extracción, en función de los litros extraídos (en este caso 75 litros perturbaban las tres primeras zonas) y el resto de ellas se mantiene inicialmente sin modificaciones, produciéndose luego el mismo proceso descrito en los dos gráficos anteriores, en relación a la radiación incidente y a las pérdidas.

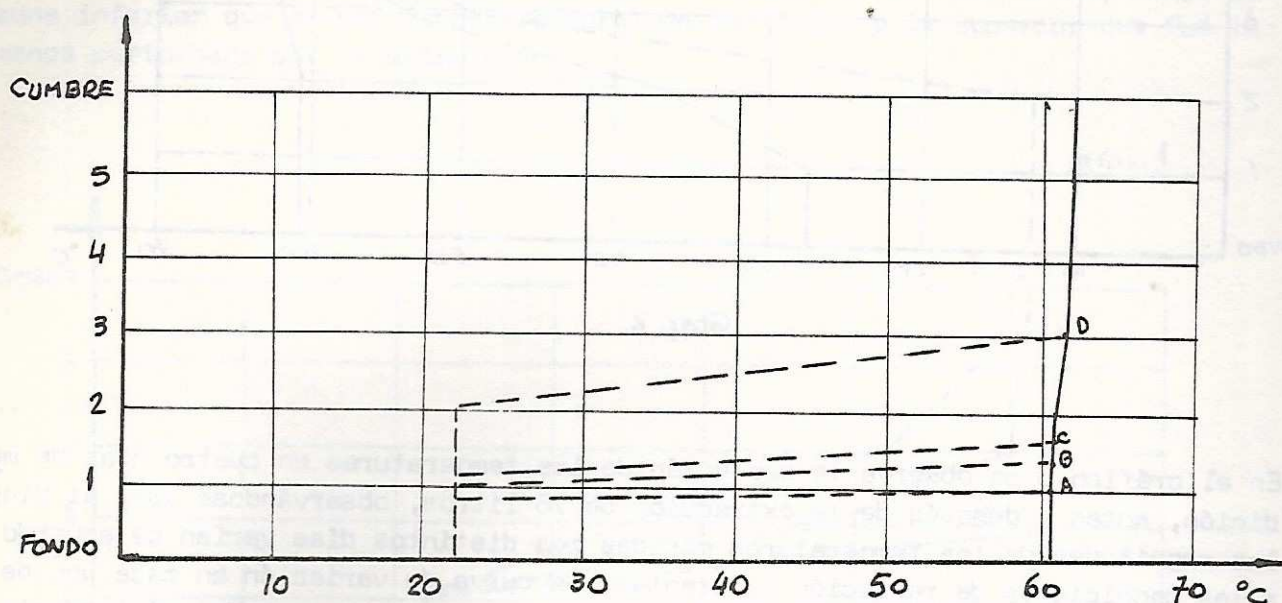


Graf. 3

Por último en el gráfico 4, se puede ver la relación entre el volumen de agua extraído y la magnitud de la caída de temperatura en cada uno de los niveles.

Las curvas A, B, C y D corresponden a las extracciones de 20, 30, 40 y 75 litros respectivamente, y las temperaturas están medidas 1 minuto después de la extracción, sin radiación incidente.

Las extracciones alteran, en todos los casos, en forma directa, las capas de agua reemplazadas ante el consumo.



Conclusiones:

En la primera etapa, creemos haber verificado las principales leyes que rigen el proceso de estratificación, y hemos obtenido las primeras curvas experimentales con datos reales.

La dependencia de la temperatura en los distintos niveles del tanque con las extracciones, con la energía colectada, y con el tiempo se pusieron de manifiesto en todas las mediciones, y a igualdad de condiciones se observó la repetibilidad de los puntos medidos.

Confirmamos la efectividad del deflector colocado en el extremo del caño de entrada, gracias a lo cual, el flujo de agua fría que ingresa, perturba mínimamente las capas superiores del tanque.

Será necesario para las mediciones siguientes, aislar los diversos factores que