

MURO COLECTOR ACUMULADOR PARA EL PROGRAMA CESAD

J.L.Guerrero, E.Rosenfeld°, O.Ravella°, J.R. del Cueto°
IAS/FABA, Instituto de Arquitectura Solar, AV.1 n°698, 1900 La Plata

Resumen

Se presenta el muro colector acumulador (MAC) del Programa CESAD 1. Se optó por un sistema aislado térmicamente tanto de pérdidas nocturnas como diurnas que permitiera controlar la descarga, su velocidad y tiempo de almacenamiento (hasta 4,5 días). Bajo estas circunstancias el MAC fluido mostró un comportamiento y rendimiento teóricos superiores al sólido, amén de un costo y dimensiones menores. Está compuesto por cápsulas que reciben la radiación solar. La cara interior del muro se halla aislada. La protección exterior es una cortina de enrollar. El calor de descarga se transfiere exclusivamente por flujo natural de aire entre las cápsulas que es gobernado por una compuerta de tres vías. Actualmente se está montando el primer modelo experimental. Se presentan los procedimientos para su cálculo.

ACCUMULATOR COLLECTOR WALL FOR THE "CESAD PROGRAMME"

Abstract

The accumulator collector wall (MAC) of the CESAD 1 Programme is presented. A system thermally insulated both from night and day losses which allows the discharge, its speed and storage time (up to 4,5 days) to be checked has been selected. Under these circumstances the fluid MAC showed a theoretical behaviour and output higher than the solid one, together with a lower cost and smaller dimensions. It consists of capsules which receive solar radiation. The wall inner face is insulated. The outer protection is a rolling shutter. The discharge heat is exclusively transferred by natural air flow between the capsules which is governed by a three-way damper. The first experimental pattern is being presently mounted. The proceedings for its calculations are shown.

° Colaborador

1. INTRODUCCION

Para proveer la calefacción ambiente en los meses fríos y en períodos de insuficiencia del recurso solar, resulta atractivo el empleo de sistemas helioenergéticos pasivos acumuladores de calor, por su simplicidad tecnológica y su aparente sencillez de dimensionamiento.

En particular ha sido bastante difundido el empleo de un paramento del edificio para transformarlo en un elemento que colecte la energía solar eficientemente y la acumule hasta que su calor sea necesario, entregándolo en una forma adecuada.

En las primeras fases del Programa CESAD 1 se indicó como de posible empleo a este tipo de sistema y ello determinó la necesidad de profundización de sus particularidades físicas en consonancia con las necesidades de colección, almacenamiento y entrega del calor impuestas por el modelo energético (presentado a esta misma Reunión) que define la calefacción de las viviendas.

Como resultado del análisis se ha podido hacer una diferenciación de los muros que en cierta forma se acomoda a diferentes necesidades o áreas de aplicación, pero que en principio, tienen en sí un comportamiento físico diferente.

2. TIPOS DE MUROS COLECTORES

La parte de colección en sí de la energía solar, no es el punto fundamental de este análisis, ya que aunque puede presentar diferencias, es en todo semejante a los procesos de recepción de la energía radiante de los colectores planos. Tampoco lo es la del análisis de las protecciones térmicas nocturnas, también similar en todos los casos.

El objeto del análisis es la transferencia del calor dentro del muro y desde éste al ambiente interior. En función de estos procesos podemos separar a los muros en los siguientes tipos (Fig. 1) :

- a. Muro desfasador de onda térmica.
- b. Muro de descarga continua sin desfasaje de onda térmica.
- c. Muro acumulador sólido.
- d. Muro acumulador fluido.

a. El muro desfasador está constituido por un paramento sólido monolítico o de mampuestos (*) cuya misión principal es obtener un desfasaje de la onda térmica provocada por la recepción de la energía solar sobre una

(*) También se ha tratado de realizarlo con agua en recipientes y con un elemento que evite su convección dentro del muro.

cara al transmitirla a la otra que está en contacto térmico con el ambiente interior de la envolvente (radiación y convección).

El desfase de la onda o retardo φ 1) 2) normalmente se lo dimensiona en el orden de las 12 hs y depende del material con que está construido el muro y de su espesor δ respondiendo a una expresión del tipo:

$$\varphi = \frac{\delta}{2} \sqrt{\frac{\rho}{\pi a}}$$

donde ρ es el período de la onda (un día) y a es la difusividad térmica del material.

Se podría pensar que el desfase podría ser de un día y medio para "aumentar" la capacidad de acumulación, pero ocurre que la onda térmica a su vez sufre un amortiguamiento cuyo coeficiente μ decrece rápidamente al aumentar el desfase y responde a una expresión del tipo:

$$\mu = e^{-\rho \sqrt{\frac{\pi}{a \rho}}}$$

Este tipo de muro tiene aplicación sólo en regiones con pocos días de baja heliofanía en el invierno.

Es habitual encontrar que en este tipo de muros se colocan compuertas para descarga convectiva desde su cara de recepción. Esta cara está caliente durante el día bajo la acción de la radiación solar y sería en momentos cercanos a éstos cuando se la podría descargar por este medio (y no de noche por ejemplo). Lo que se consigue con esta descarga es bajar la cantidad de calor que podría desfasar la onda térmica, usándolo en un momento en que se podría emplear otro sistema con mayor rendimiento (por ejemplo ganancia directa).

Es de hacer notar que un error en el dimensionamiento del espesor o una deficiencia en el control de las propiedades físicas de los materiales de construcción del muro harían perder la efectividad del mismo, adelantando el desfase o amortiguando demasiado la onda térmica (sobrecalentamiento indeseable o insuficiencia de calefacción).

La descarga del calor de este tipo de muros no puede ser controlada o diferida a voluntad. Por esta razón no puede ser empleado en zonas húmedas con secuencias altas de días nublados.

b. El muro de descarga continua sin desfase está constituido por una serie de cápsulas que contienen un líquido de alto calor específico (comúnmente agua) y cuyas caras ofician de receptor de la energía solar por un lado, mientras que el resto está en contacto térmico con el ambiente interior de la envolvente (radiación y convección).

El hecho de emplear cápsulas con agua se debe a dos razones fundamentales. La primera es la de cuadruplicar la capacidad calorífica del hormigón (usado en el caso anterior) y la segunda es la de aumentar varias veces el factor

de remoción del calor desde la superficie de recepción de la radiación solar motivado por la convección natural interna del líquido de las cápsulas, aumentando de esta manera en forma sensible el rendimiento de colección al estar dicha superficie a baja temperatura 3).

El inconveniente principal es que descarga al interior su calor en forma continua (incluso cuando está cargando), produce sobrecalentamientos indeseados y por consiguiente su rendimiento de calefacción baja al ser necesario evacuar el calor.

Al no ser controlable su descarga no puede ser empleado en zonas de alto porcentaje de días cubiertos, al igual que el caso anterior.

c. El muro acumulador sólido fue analizado al buscar una solución que satisficiera a las condiciones de acumulación y entrega del calor características de la zona húmeda, es decir basada en rachas largas de nubosidad irregularmente distribuidas en los meses fríos.

Es decir, su capacidad de acumulación debía ser mayor a un día y su descarga controlable a voluntad.

Su aspecto constructivo es parecido al del caso "a" pero su parte interior debe estar aislada del medio ambiente. Si la aislación posterior es fija, sólo se lo puede descargar por convección, si es móvil se puede aprovechar además la transferencia por radiación.

Las ecuaciones que gobiernan el proceso de descarga (o carga) del muro son las mismas que aparecen en la bibliografía para el enfriamiento de sólidos en el aire a las que se deben agregar las condiciones iniciales y de borde pertinentes 4).

Si bien la descarga aparenta ser controlable, la masa necesaria para poder acumular el calor requerido a temperaturas razonables provoca una inercia térmica tal que aún dando configuraciones en el límite de lo realizable, para mejorar el número de Biot y disminuir el de Fourier, el tiempo de descarga supera en un orden de magnitud a lo necesario (en el primer día) empeorándose este hecho con el transcurso del tiempo de descarga (rendimiento 10 % o menor).

Este hecho, acompañado de otras dificultades de manejo de grandes masas de hormigón, han hecho desistir de la idea de emplear este tipo de muro en la zona húmeda donde se localiza el Programa CESAD.

d. El muro acumulador fluido es una conjunción de los tipos "b" y "c". Es decir, la acumulación se realiza en cápsulas con agua y está aislada en su parte posterior del ambiente interior. Por razones de sencillez constructiva se optó por aislación fija. Su descarga se hace por convección exclusivamente, la que es producida por los gradientes térmicos naturales.

Tiene la ventaja de un alto rendimiento en la colección y buena capacidad de acumulación con reducido peso.

Las cápsulas están distribuídas al tresbolillo a fin de favorecer la transferencia de su calor a la convección natural 4). El dimensionamiento de la transferencia de calor se ha hecho por las expresiones dimensionales habituales para flujo laminar natural aunque se espera que sea algo mayor su coeficiente dado que luego de 70 cm de ascensión entre las cápsulas aparecería cierto desorden dejando de ser netamente laminar.

La temperatura de régimen estimada oscila alrededor de los 40°C.

El rendimiento físico global se estima cercano al 40 % considerando los rendimientos de colección, acumulación y de transferencia de calor por convección (calor entregado / calor entregable).

3. RELACION ENTRE AREAS DE MURO COLECTOR Y GANANCIA DIRECTA

La relación que debe guardar el área efectiva del muro colector acumulador -MAC- con la correspondiente de la ganancia directa -GAD- para su empleo combinado para un mismo ambiente debe corresponder a la siguiente expresión 5) :

$$\frac{S_{MAC}}{S_{GAD}} = \frac{2C + B}{2A + B} \cdot \frac{H_t GAD}{H_t MAC} \cdot \frac{\eta_{GAD}}{\eta_{MAC}}$$

donde:

- S MAC - Area efectiva del MAC
- S GAD - Area efectiva de la GAD
- A,B,C - Peso estadístico de los días tipo de diseño en orden decreciente de su heliofanía relativa
- H_tGAD - Integral diaria media mensual de radiación solar global sobre el plano de la GAD
- H_tMAC - Integral diaria media mensual de radiación solar global sobre el plano del MAC
- η_{GAD} - Rendimiento físico de la GAD
- η_{MAC} - Rendimiento físico del MAC

4. PROYECTO DEL MURO COLECTOR ACUMULADOR

En la Figura 2 se muestra un corte del muro en combinación con la chimenea solar para evacuación de gases calientes, diseñado para el Programa CESAD y donde se muestran sus partes principales. Las referencias son las siguientes:

01. Tobera de salida de la chimenea solar -CHIS-
02. Chapa de hierro galvanizado n° 24
03. Ganchos de sujeción de cubierta y tobera de salida de la CHIS
04. Moldura plástica de cierre hermético

05. Cubierta de chapa acanalada de hierro galvanizado n° 24
06. Viga reticulada de hierros redondos
07. Perfil de aluminio de soporte del cielorraso
08. Folio de aluminio adherido al aislante
09. Aislante: paneles autoportantes de fibra de vidrio suspendidos entre perfiles de aluminio de soporte del cielorraso
10. Película de P.V.C. blanco texturado, adherida al panel aislante
11. Cámara de calentamiento de aire de la CHIS
12. Marco de soporte del panel posterior de chapa doble decapada n° 16
13. Malla metálica tipo mosquitero
14. Tensor para canaleta y taparrollo de hierro redondo ϕ 6 mm
15. Tobera de entrada a la CHIS desde la cámara de distribución de salida del Muro colector-acumulador -MAC-
16. Canaleta de chapa de hierro galvanizado n° 24
17. Tapa de la tobera de entrada de la CHIS
18. Cadena de accionamiento de compuertas de tobera (sistema tipo banderola)
19. Rollo de la cortina de P.V.C. de protección del MAC
20. Taparrollo de chapa de hierro doble decapada n° 16
21. Espuma elástica de poliuretano adherida a la tapa para hermetizar su cierre
22. Chapa de hierro galvanizado n° 24 fijada al marco
23. Marco de ϕ 6 mm de la tapa de la tobera
24. Tobera de salida del MAC
25. Burlete de plástico de fijación de la malla tipo mosquitero
26. Cámara de distribución de salida del MAC
27. Carpintería metálica de chapa doble decapada n° 16 con guía para cortina de enrollar
28. Cápsula acumuladora
29. Separadores de cápsulas
30. Supresor de convección de fieltro
31. Vidrio doble Martelé
32. Contravidrio de aluminio
33. Panel posterior de madera aglomerada de 10 mm de espesor
34. Paneles de lana de vidrio de 50 mm de espesor adheridos al panel posterior

35. Entrada del MAC de ladrillos portantes cerámicos de 0,40m x 0,18m x 0,19m con sus orificios horizontales
36. Cámara de distribución de entrada del MAC
37. Zócalo de hormigón pobre
38. Piso
39. Contrapiso
40. Losa
41. Interconexión con MAC inferior
42. Tobera de entrada a la CHIS
43. Muro exterior

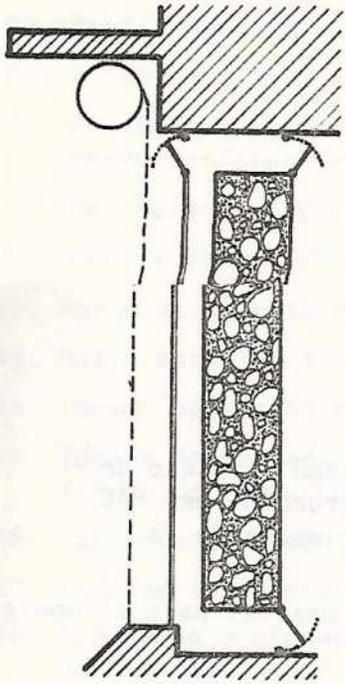
Notas: Cabe consignar que en 5) se incluyó un Pliego completo de Especificaciones Particulares para la construcción del MAC que no se incluye en el presente por formar parte de la documentación de licitación.

Actualmente se están realizando las tareas previas para el montaje de un muro piloto de este tipo.

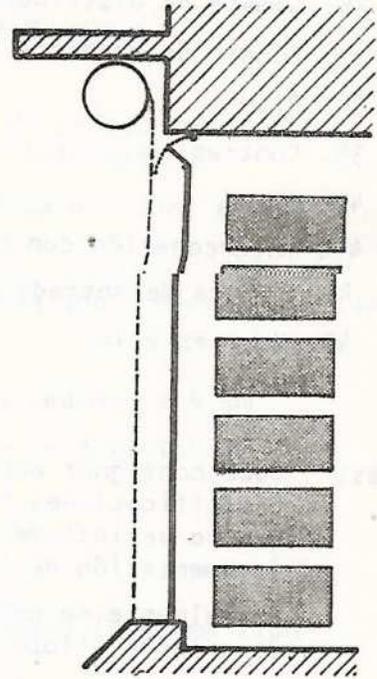
Referencias

1. J.L.Guerrero, Energía Solar y Diseño Térmico, D-05, IAS / FABA, La Plata (1977).
2. F.M.Camia, Comment un mur utilise-t-il l'énergie solaire, C.O.M.P.L.E.S. Rev. Int. Héliotechnique, 1er. semestre 1979, pág.11.
3. J.D.Balcomb, J.C.Hedstrom, R.D.Mc Farland, Passive Solar Heating of Buildings, Workshop on Solar Energy Applications, Associated Universities, Inc, USA (1977).
4. V.Isachenko, V.Osipova, A.Sukomel, "Transmisión del calor", Ed. Marcombo s.a., Barcelona (1973).
5. IAS / FABA, Programa CESAD, SEDUV, Buenos Aires (1979).

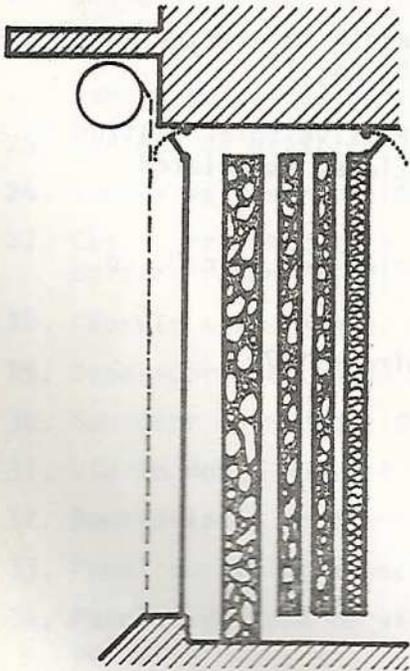
TIPOS DE MUROS COLECTORES



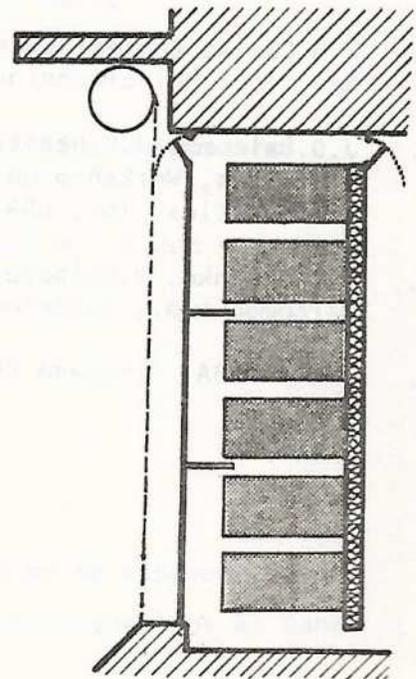
(a)



(b)



(c)



(d)

FIG.1

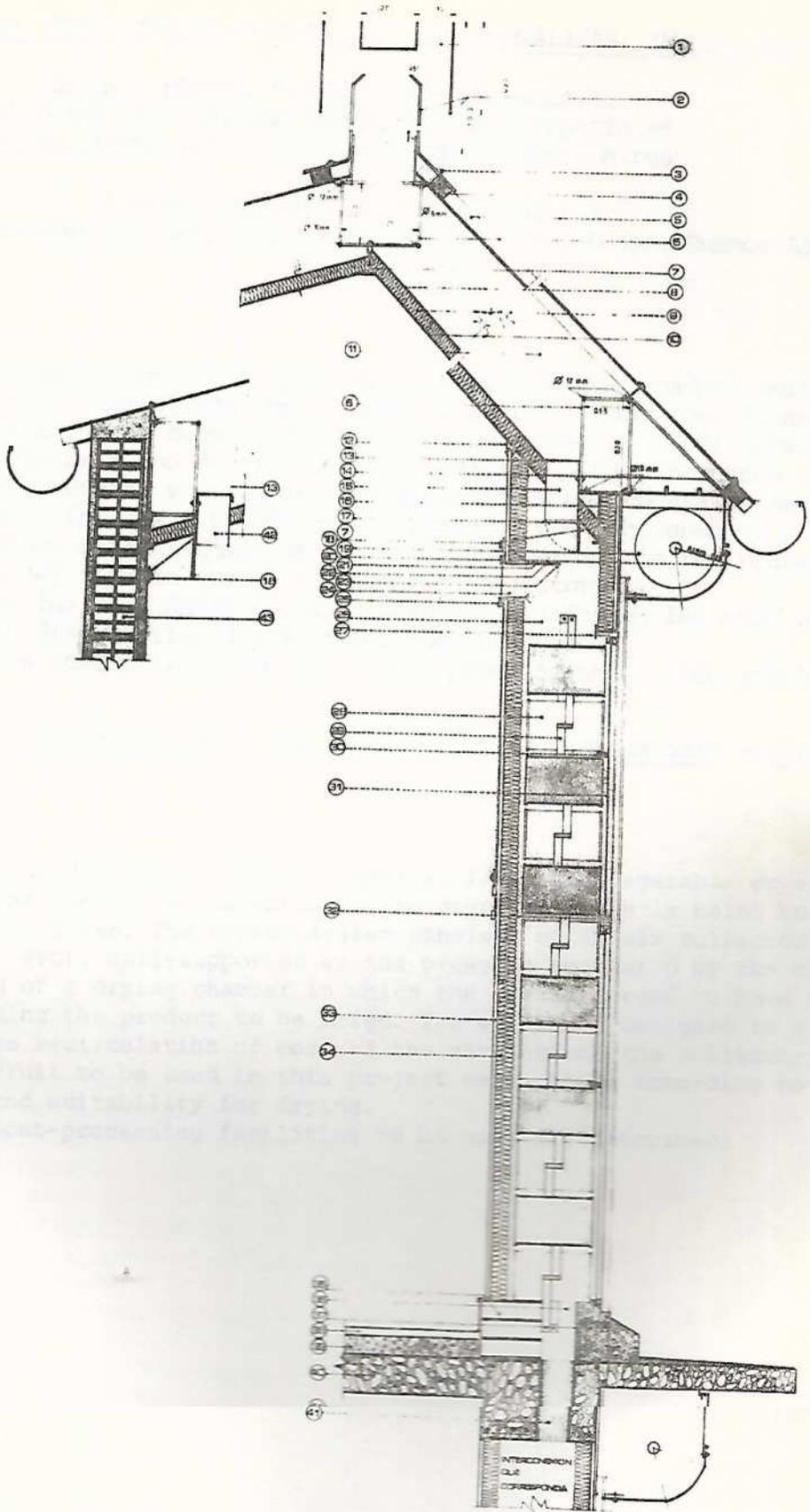


FIG. 2