

CLIMATIZACIÓN PASIVA SOLAR-TÉRMICA EN LA POSTA DE SALUD EN TOQUELA-TACNA

PASSIVE SOLAR THERMAL CLIMATIZATION ON THE HEALTH POST IN TOQUELA-TACNA

¹ César Efraín Rivasplata Cabanillas

RESUMEN.

Dentro del proyecto Diseño, Materiales y Dispositivos para Casas Altoandinas Resistentes a Heladas, auspiciado por PROCYT/CONCYTEC en convenio con la UNI y la UNJBG, se evaluó el comportamiento térmico de una posta de salud construida el año 2010, la que en su desarrollo arquitectónico tiene incorporado una pared en piedra, colector- acumulador de calor, obtenido por transferencia de calor solar térmica. La posta se encuentra ubicada en el distrito de Toquela, en la Región-Tacna a 3600 msnm. Se realizaron evaluaciones de la temperatura, tanto en los meses de verano como en los meses de invierno, del año 2013. La data obtenida dando cuenta de los niveles de temperatura alcanzados, tanto en exteriores como en interiores de los de la posta, permite corroborar la factibilidad de usar este tipo de pared en zonas frías.

Palabras clave: Energía solar, climatización solar pasiva, transferencia de calor, almacenamiento solar térmico.

ABSTRACT

Within the project Design, Materials and Devices for High Andean Resistant Houses Freeze sponsored by PROCYT/CONCYTEC in agreement with UNI and UNJBG, the thermal behavior of a health post built in 2010 was evaluated, which in its architectural development has incorporated a collector-accumulator wall heat, solar thermal. The post is located in the district of tap it in the Tacna Region to 3600 meters. Temperature assessments were conducted in both summer and winter months of the year 2013. The data obtained realizing the temperature levels reached in both exterior and interior of the post, corroborates the feasibility of using this type of wall in cold areas.

Keywords: Solar energy, passive solar climatization, heat transfer, solar thermal storage.

INTRODUCCIÓN

El laboratorio del Centro de Energías Renovables de la UNJBG (CERT), creado el año 2005, tiene dentro de sus objetivos, servir de modelo para que las investigaciones y/o desarrollos tecnológicos que en él se exhiban puedan ser replicados, cumpliendo así el rol de proyección social que tiene la universidad con la comunidad.

El laboratorio del CERT -Tacna, cuenta con un sistema de calefacción solar pasivo, cuya principal componente es una pared construida en piedra de canto rodado y su función es la de colección y almacenamiento de calor solar, útil para calefacción del aire en interiores.

La posta de salud en Toquela, fue construida dentro de los proyectos del Gobierno Regional de Tacna (GRT), siguiendo un modelo de construcción similar al usado en el CERT. La posta se inauguró el año 2010.

Desde esa época no se hicieron evaluaciones del comportamiento térmico en interiores de la posta, quedando la duda de si realmente se había cumplido con los objetivos de la construcción, de obtener temperaturas de

confort en los meses más fríos del año, sobre todo en lugares que tienen una altitud mayor a comparación de otros de la ciudad de Tacna. Este objetivo se planteó en base a las experiencias logradas con este mismo tipo de pared, construido en el laboratorio del CERT-Tacna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sistema pared colector-acumulador.

El sistema empleado consiste en una pared construida en piedra y unida con mortero de cemento. La orientación de la pared externa es hacia el norte, formando un ángulo de inclinación de 10° (Tacna está ubicada en el hemisferio sur a una latitud de 17° sur y a 500 msnm). La forma de la pared es de tipo semi- piramidal, esto por dos razones: una, por razones estructurales y otra, por lograr una mayor ganancia de energía en las épocas de invierno.

El área frontal de la pared es de $2,64\text{m} \times 25 = 67\text{m}^2$ y está cubierta por una superficie particionada de vidrios herméticamente cerrados, los vidrios están separados de la pared por un capa de aire de 0,10 m. La masa de la pared es

¹ Licenciado en Física, Magister en Ciencias -University of Texas. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna-Perú.

de 124,995 kg, con una densidad promedio de 2560 Kg/m³ y un volumen de 49 m³.

De la relación Área de vidrio/Volumen de masa térmica, tenemos un valor de 1,36. Esta cantidad es un indicador importante en el dimensionamiento de un sistema de acumulación de calor en función a las condiciones del clima y a las temperaturas externas y de confort en las que debe operar el mismo.

La pared tiene en sus partes inferior y superior 24 orificios de 0,10 m de diámetro ubicadas en 0,55 m largo en la parte inferior y 0,36 m largo en la parte superior de la pared. Ello permite la circulación del aire.

La parte externa de la pared está pintada de color negro mate. Igualmente la pared está construida por columnas y columnitas menores y perpendiculares de hormigón armado; horizontalmente y a lo largo de la pared corren perfiles paralelos de fierro tipo T, esto para el soporte de la cuadrícula de 54 piezas de vidrio de aproximadamente 0,80m² cada uno.

La figura 1 muestra una foto que da una idea de la descripción realizada.

La posta, como puede observarse en la figura 01 posee dos techos inclinados: una hacia el norte y contiguo a

la pared de acumulación, y el otro ubicado hacia el sur.

La diferencia de altura del primer espacio en relación con el segundo, obedece a la necesidad de interconectar el sistema de calefacción o el calor residual que se almacena en los cuartos contiguos a la pared de acumulación, con el segundo espacio, tal como se muestra en la figura 2.

Ello marca una diferencia con el sistema construido en el CERT-Tacna, donde el calor residual se evacua hacia el ambiente.

La figura 3 muestra el esquema de construcción de la pared CERT, así como el proceso de circulación de aire en interiores, proceso que es similar al del sistema construido en la posta de Toquela, pero en este caso se aprovecha este calor para calentar el ambiente posterior y contiguo al cuarto donde se ubica la pared de acumulación.

Determinación de las variables de confort en la habitación

El objetivo de un sistema pasivo solar para calefacción ambiental está orientado a mantener las condiciones de confort en un rango de temperaturas de 18-22°C.



Figura N°01. Foto de pared de acumulación hacia el norte y techos con diferencia de altura.



Figura N°02. Fotos de ventanillas móviles que interconectan el sistema de circulación del aire.

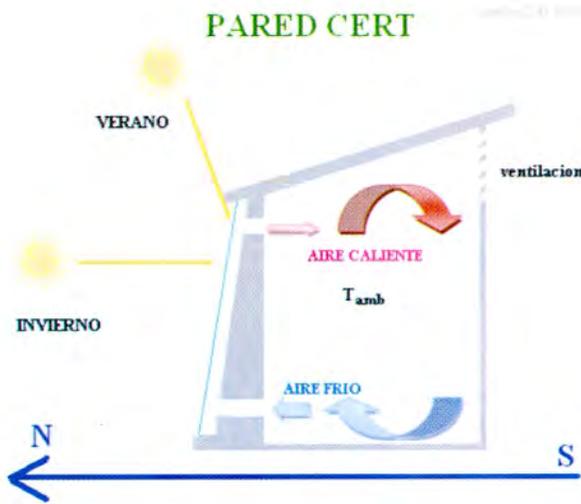


Figura N°03. Proceso de transferencia de calor, usando una pared colector acumulador, así como el proceso de circulación del aire en condiciones estáticas y dinámicas.

El balance de energía dentro de la habitación está dado por:

$$mc \frac{dT_r}{dt} = \alpha \tau GA - \left(\frac{T_r - T_a}{R} \right) + Pempuje \quad (1)$$

Donde Pempuje es el calor necesario para complementar las pérdidas o para alcanzar las temperaturas de confort. Lo ideal es que Pemp cero y que el abastecimiento de energía sea exclusivamente generado por contribución solar.

Para condiciones de radiación $G=0$, o sea durante las horas de no sol, y sin energía complementaria tenemos:

$$\frac{dT_r}{T_r - T_a} = - \frac{dt}{RC} \quad (2)$$

Donde $C=mc$ y m =masa de la pared en la habitación. Bajo estas condiciones de contorno y resolviendo la ecuación (2) se tiene:

$$\int \frac{dT_r}{T_r - T_a} = - \int \frac{dt}{RC}$$

$$\ln(T_r - T_a) = - \frac{t}{RC} + Const$$

$$e^{\ln(T_r - T_a)} = e^{-\frac{t}{RC} + Const}$$

$$T_r - T_a = A \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3)$$

Donde:

- T_r : Es la temperatura interior de la habitación
- T_a : Es la temperatura ambiente exterior de la habitación
- R: resistencia a las pérdidas de calor
- $A = (T_r - T_a)_{t=0}$, donde $t=0$ se toma a partir de las 12 p.m.

Ubicación de sensores y toma de datos

El día 04 de junio del año 2013, se viajó a Toquela con el objetivo de ubicar varios sensores de temperatura conectados a un dispositivo de acumulación de datos de la marca HOBO, los cuales fueron ubicados en los interiores y exteriores de la posta médica (cuarto y ambiente conexo a la pared de calefacción).

La instalación de los sensores se hizo desde las 8:30 a.m. hasta las 9 a.m., habiéndose recogido la data el día jueves 18 de julio a las 4 p.m.

La primera caja de registro con cuatro sensores se ubicó en un cuarto que se utiliza como depósito, (3 m x 5 m) siendo la secuencia de los sensores la siguiente:

- Canal 1: Temperatura ambiente.
- Canal 2: Temperatura de cuarto (altura promedio 1,70 del piso)
- Canal 3: Temperatura del aire caliente hueco superior pared.
- Canal 4: Temperatura del aire frío hueco inferior pared.

La segunda caja de registro con cuatro sensores se ubicó en un cuarto que se utiliza como dormitorio (3 m x 3,5 m) siendo la secuencia de los sensores la siguiente:

- Canal 1: T salida del cuarto hacia el otro ambiente
- Canal 2: Temperatura de cuarto (altura promedio 1,70 del piso)
- Canal 3: Temperatura del aire caliente hueco inferior pared.
- Canal 4: Temperatura del aire frío hueco superior pared.

RESULTADOS

Data experimental y resultados.

Si se grafica la ecuación (3) utilizando data experimental y se compara con los gráficos desarrollados experimentalmente existe una correlación gráfica similar.

Esta expresión permitirá también pronosticar el valor de la temperatura desde un valor a una hora definida en la que ya no existe sol hasta el día siguiente cuando comienza nuevamente el aporte solar.



Figura N°04. Fotos de indicación de sensores de temperatura en interiores y exteriores de la posta.

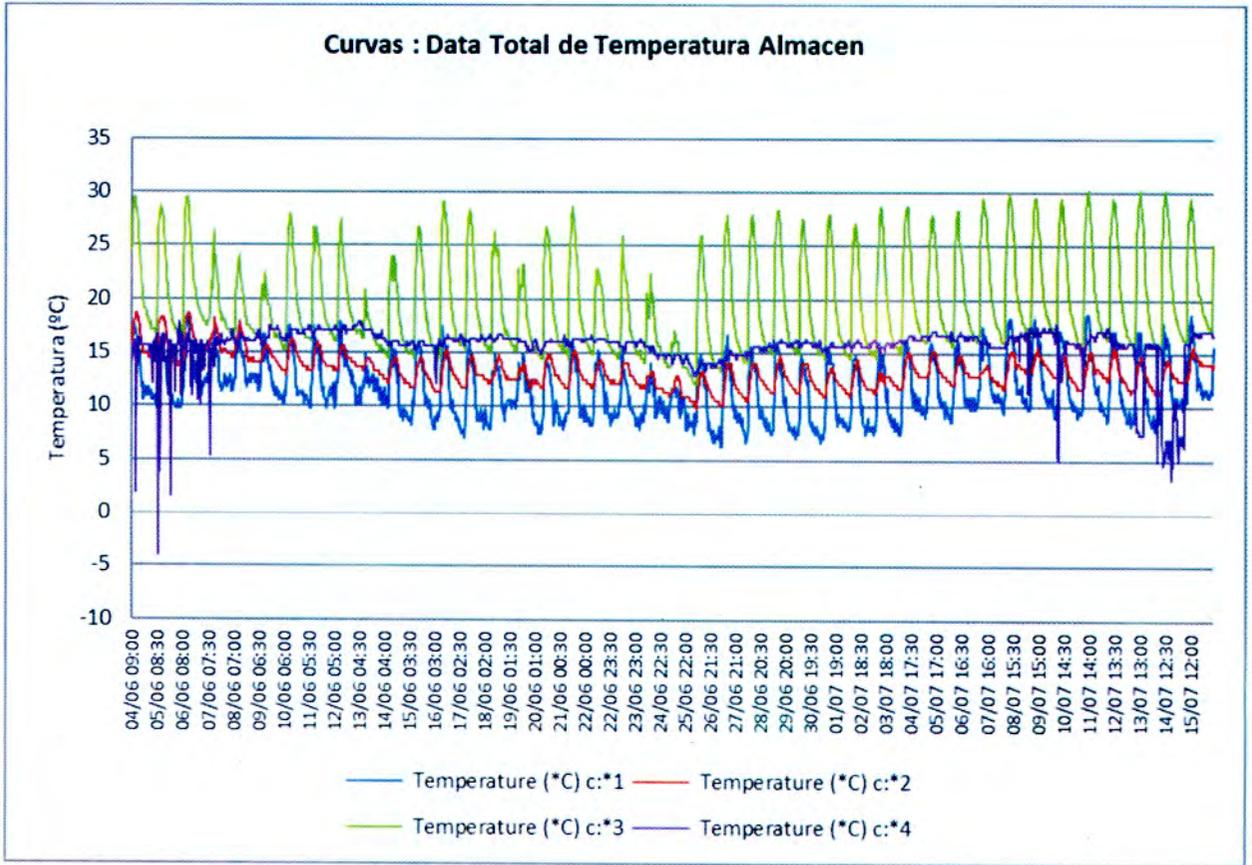


Figura 5. Sobre el comportamiento térmico uniforme de la pared de acumulación, expresado por regularidad y poca variabilidad de las temperaturas de cuarto (línea roja).

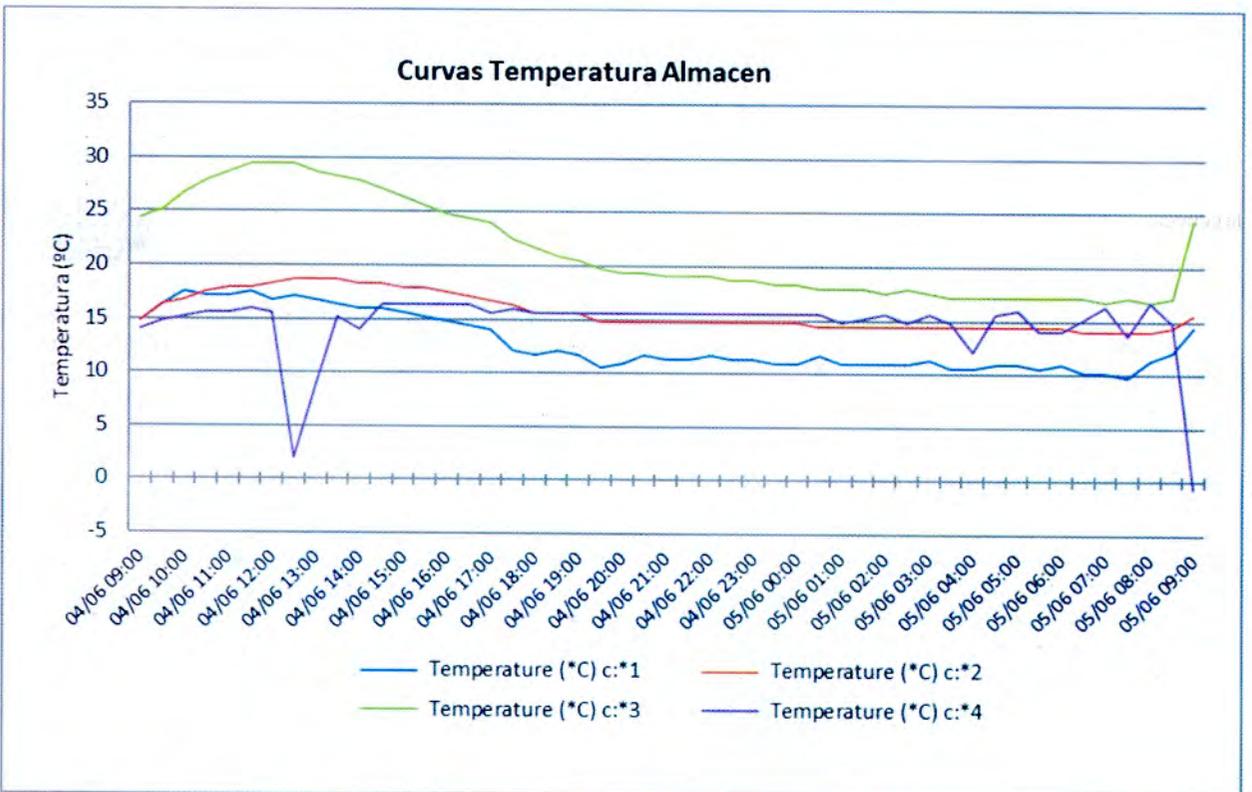


Figura N°06. Curvas de Temperatura, T1= Ambiente, T2=Tcuarto, T3=Tpared arriba, T4=Tpared abajo.

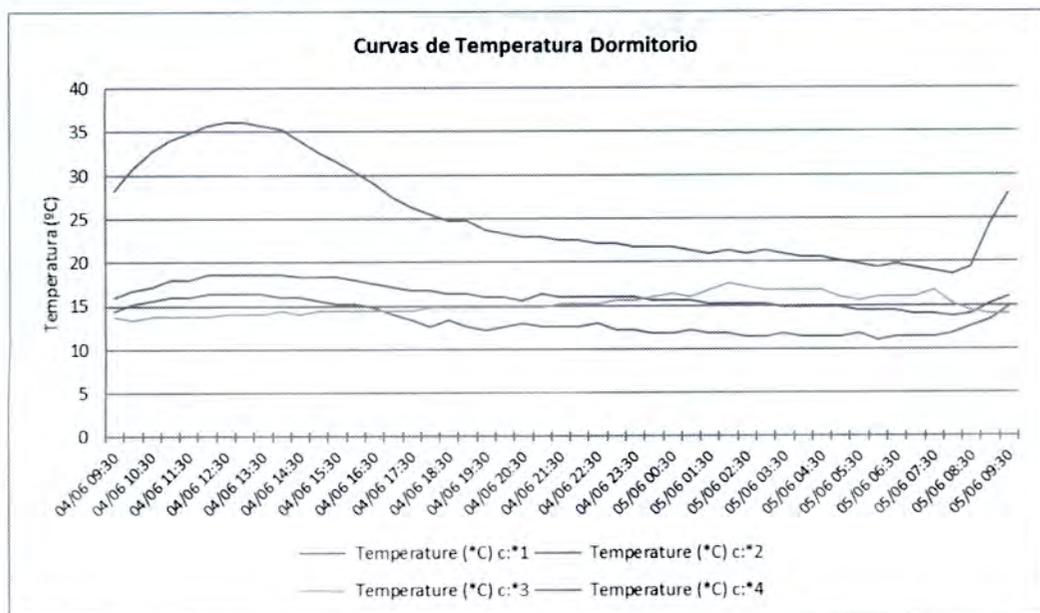


Figura N°07. T1=T ambiente cuarto anexo (azul), T2=T cuarto (rojo), T3=Tpared bajo(verde), T4=Tpared arriba (morado)

CONCLUSIONES

Las figuras 5 y 6, muestran el perfil de temperaturas en dos puntos de la pared, al ingreso del aire en la parte inferior y en la salida del aire de la parte superior.

El comportamiento de la pared es similar al de un colector solar de placa plana, pues incrementa la temperatura del aire que pasa por la pared en un $\Delta \geq 10^{\circ}\text{C}$, (línea verde, figura 06), contribuyendo con un aporte de energía que permite mantener una estabilidad en las temperaturas de confort dentro de la habitación del orden 15-18°C, cuando la temperatura mínima del exterior llega a 5°C.

Una diferencia de 10°C, entre las temperaturas internas y externas en las condiciones actuales, pronostica un comportamiento de estabilidad térmica producto de la acumulación de calor en la pared para su posterior uso durante la noche, mediante un proceso de transferencia de calor por conducción y radiación.

Las figuras 6 y 7, permiten deducir que las mediciones efectuadas en el dormitorio fueron más estables, debido a la poca infiltración de aire al permanecer éste cerrado, mientras que en el almacén hubieron inestabilidades, que se expresan en los picos negativos de la figura de temperaturas de ingreso a la pared.

La figura 7, en color azul, muestra los valores de la temperatura en el ambiente que se calienta con el calor residual, en un rango variable entre 13 y 15 °C, lo que demuestra en comparación con la temperatura ambiente una ganancia de 35°C, (línea azul en la figura 6).

Las condiciones de confort, aun en situaciones de menor temperatura externa, son mejores en las épocas de invierno debido a la incidencia cuasi perpendicular de la

radiación solar sobre la pared, siendo más favorable que en los meses de verano.

- La ubicación apropiada de una vivienda debe planificarse anticipada y apropiadamente en función a las diversas variables involucradas en este desarrollo: Latitud del lugar, ángulo de inclinación, ubicación norte para latitudes sur, altitud del sol, análisis de sombras etc.
- El uso de la piedra como elemento constructivo y de acumulación de calor es eficaz, tanto desde el punto de vista de comportamiento térmico, económico, y ambiental.
- Existen zonas a lo largo de la región Tacna plenas de este recurso, que pueden ser usados en lugar de otro tipo de materiales, como elementos envolventes de viviendas, con la ventaja de estar en el lugar, lo que disminuye costos de transporte y permite tenerlos con disponibilidad inmediata.
- La integración de sistemas de calefacción solar pasiva en una vivienda rural andina, evitará parcialmente la contaminación ambiental en interiores, al disminuir el uso común de leña o bosta en los meses más fríos del año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Duffie, J. A. and Beckman, W. A., (1991), *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons.
- Rivasplata, C.E; (2008), *Efectos térmicos de una pared colector-acumulador de energía solar, como sistema de acondicionamiento en la climatización ambiental*. Libro de actas del XIV Congreso Ibérico y IX Congreso Iberoamericano de Energía Solar Vigo-Galicia, España, 17-21 Junio 2008.

Correspondencia:

César Rivasplata Cabanillas: cesarrrivasplata@yahoo.com

Fecha de Recepción: 29/10/2014

Fecha de Aceptación: 01/12/2014