
ARTÍCULOS ORIGINALES

- Modelamiento matemático de la dispersión de dióxido de azufre en la ciudad de Huaraz
[Mathematical modeling of the dispersion of sulfur dioxide in the city of Huaraz]
Ángel Cobo O., Vladimir Rodríguez S., Jesús Espinola G., Mario Leyva C., Maximiliano Asís L...... 9 - 18
- Cuantificación espectrofotométrica de nitritos en salchicha tipo Frankfurt en Huaraz
[Quantification espectrofotométrica of nitrites in sausage type Frankfurt in Huaraz]
Julio Inti B., Julio Henostroza T., Rafael Castro R...... 19 - 24
- Rendimiento térmico más eficaz de un muro Trombe de concreto en Huaraz en relación
al medio ambiente y a las principales orientaciones-2012 [More effective thermal
performance of a Trombe wall of concrete in Huaraz in relation to the environment and
the major orientations – 2012]
Ronald Corrales P., Víctor Villegas Z...... 25 - 35
- Evaluación del desempeño sísmico del pabellón de laboratorios comunes en la ciudad
universitaria de la UNASAM, Huaraz – 2013 [Evaluation of seismic performance of the
pavilion of common laboratories in the university town of UNASAM, Huaraz – 2013]
Jorge Bedon L., Luis Ita R., Elio Milla V...... 36 - 43
- Propagación del Huanarpo (*Jatropha Macrantha*) con fines de conservación y
repoblación en la región Ancash [Huanarpo (*Jatropha Macrantha*) propagation for
conservation and resettlement purposes in the Ancash región]
*Prudencio Hidalgo C., César Dávila P., Eladio Tuya C., Zenobio Ospina O., Judith
Norabuena V.*..... 44 - 52
- La puesta en valor del patrimonio minero como alternativa económica tras el cese de la
actividad extractiva. Análisis del caso Español. [Enhacement of mining heritage as an
economic alternative after ceasing the extractive activities. Analysis of Epanish case.]
Rubén Pérez ., Gema Fernández M., Julio de Luis Ruiz., Raúl Husillos R...... 53 - 61
- Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con agregados de la cantera Tacllán,
curados con agua y antisol s [Resistance and costs unit of concrete made with aggregates
from the quarry Tacllán, cured with water and sunscreens s]
Víctor Villegas Z., Miguel Corrales P...... 62 - 68

Ampliación del concepto de líneas de influencia a superficies de influencia con elementos finitos, en puentes de C° A° tipo losa [Turning of influence line concepts into influence surface creation, using finite element method for slap concrete bridges] <i>Willi Taipe F.</i>	69 - 77
Conocimiento sobre transmisión y prevención del VIH/Sida en estudiantes del I Ciclo de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz- 2012-I [Knowledge transfer and HIV/AIDS in students of cycle I Santiago Antúnez of Mayolo National University, Huaraz-2012-I] <i>Marcelo Arotoma O., Bibiana León H., Enid Arotoma N., Julio Menacho., L Ángel Mendoza L.</i>	78 - 87
Factores de riesgo asociados al embarazo en adolescentes en el Callejón de Huaylas, 2012 [Risk factors associated with teenage pregnancy in the Callejón de Huaylas, 2012] <i>Yuliana De la Cruz R., Augusto Olaza M.</i>	88 - 97
La exportación de hortalizas y legumbres en el marco de la firma del TLC con EE.UU y el desarrollo del sector agrícola en la provincia de Huaylas 2009- 2011 [Export of vegetables in the framework of signature with USA and development of agricultural sector in the province of Huaylas 2009- 2011] <i>José Ruiz V., Dominga Ayvar C.</i>	98 - 105
La publicidad electrónica y tradicional en relación a la efectividad para la captación de clientes en los hoteles de la Ciudad de Huaraz, 2008 [The electronic and traditional advertising and their effectiveness to attract customers in the hotels in the city of Huaraz, 2008] <i>Maria García F., Félix Lirio L., Roger Norabuena F., Edwin Ramirez A.</i>	106 - 112
Influencia de la teoría del espejo lacaniano en el análisis de las imágenes fijas publicitarias en los estudiantes del 5° grado de educación secundaria de la I.E. "Señor de la Soledad" de Huaraz-2013. [The influence of the theory of the mirror lacaniano in the analysis of the fixed images advertized in the students of the fifth grade of the junior high in the education institution " Señor d ela Soledad " of Huaraz 2013.] <i>Vidal Guerrero T., Dino Palacios M.</i>	113 - 121
El ciberplagio en trabajos académicos en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo [Cyberplagiarism in academic work in the University National Santiago Antúnez de Mayolo] <i>Isaac Morales., Félix Julca., María Méndez.</i>	122 - 131

ENSAYO

Algunos problemas epistemológicos y metodológicos de la investigación en ciencias sociales <i>Jorge Lora C.</i>	132 - 144
--	-----------

Rendimiento térmico más eficaz de un muro trombe de concreto en Huaraz en relación al medio ambiente y a las principales orientaciones-2012

More effective thermal performance of a trombe wall of concrete in Huaraz in relation to the environment and the major orientations - 2012

Ronald Corrales P¹, Víctor Villegas Z¹.

RESUMEN

Determina el rendimiento térmico más eficaz de un Muro Trombe orientado a las principales orientaciones en la localidad de Huaraz – Perú. Para tal efecto, se diseñó un módulo de ensayo de 3 x 4 x 2,40 m debidamente aislado, en una cara se colocó el muro Trombe y se orientó a diferentes direcciones para efectuar simulaciones térmicas. Se concluyó que la mejor orientación para captar y almacenar la radiación solar durante el año, es cuando el muro se ubica al Este u Oeste y no hacia el Norte ni al Sur. Estos resultados se pueden aplicar para efectuar las orientaciones más correctas de ventanas de edificaciones.

Palabras clave: muro trombe; radiación solar; direcciones diferentes.

ABSTRACT

Determines the most effective thermal performance of a Trombe Wall facing the main thrusts in the town of Huaraz - Peru. To this end, a test module 3 x 4 x 2.40 m adequately insulated one side with the Trombe wall is placed and oriented in different directions to perform thermal simulations designed. It was concluded that the best orientation to capture and store solar radiation during the year, is when the wall is located to the east or west, not north or south. These results can be applied to make the windows more buildings correct orientations.

Key words: trombe wall; solar radiation; different directions.

¹ Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Ancash - Perú

INTRODUCCIÓN

Huaraz se encuentra a una altura de 3100 m.s.n.m. a una latitud de $-9,5^{\circ}\text{S}$. Durante todo el año hace frío: en el día bajo el brillo solar se siente caliente y a la sombra frío, el que recrudece por las noches. La temperatura media diaria anual en Huaraz es de $13,8^{\circ}\text{C}$ con mínimas de 6°C y altas de 23°C . La radiación solar en Huaraz es alta, entre 5000 a 6000 W/m^2 de promedio mensual diario durante el año (SENAMI. 2003), la que no es aprovechada para calentar viviendas.

Los muros Trombe (MT) son dispositivos solares pasivos para calentar viviendas que consisten en muros de alta densidad con su superficie pintada de negro orientada al sol, con un vidriado a una distancia de 10 a 40 cm sobre ésta; por las noches, para evitar pérdidas de calor el vidriado es cubierto por cortinas o puertas. En latitudes altas entre los 23° a 50° Norte o Sur, los MT son ampliamente usados para el calentamiento de las viviendas y han dado buenos resultados. En latitudes bajas entre 0° y 23° Norte o Sur los ejemplos son escasos y existen divergencias en la utilidad de estos dispositivos.

En el Perú existen algunos ejemplos de utilización de MT, que se diseñan teniendo en cuenta las recomendaciones para latitudes altas, que han dado resultados adversos por estar mal orientados; así mismo, no se han efectuado balances energéticos para comprobar su eficacia en relación al medio ambiente

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo a la orientación la investigación fue aplicada debido a que está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a soluciones prácticas. De acuerdo a la técnica de contrastación fue descriptiva de corte transversal correlacional, porque los datos serán obtenidos sin ser modificados por el investigador en un tiempo único relacionando las variables de investigación. La población y muestra es un módulo de ensayo orientado en diferentes direcciones en Huaraz.

La metodología que se aplicó al presente estudio fue:

Para obtener la información de la radiación solar vertical horaria por mes en diferentes direcciones se recurrió a los elaborados por Corrales (2012) mostrados en la figura 4. Para no sesgar los resultados solo se utilizó la radiación solar directa que penetra por el vidriado, para ello se calculó el ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre el acristalamiento mediante la expresión:

$$J = \arctg \sqrt{tg^2(A - Ap) + tg^2 \cdot h} \quad (\text{Bedoya y Neila. 1986:77})$$

donde se han proyectado. SENCICO (2009) como alternativa contra el friaje, proyectó y construyó MT para calentar 17714 viviendas, en las zonas alto andinas de las regiones de Arequipa, Huancayo, Ica, Puno y Cuzco; éstos fueron orientados al Norte solar y construidos de adobe. Hadzich y Pino (2009) proyectaron una vivienda en Koñihuasi de adobe de un piso con techo de paja, con MT de adobe orientado al Norte ó 20° al Noroeste; llegaron a la conclusión que la superficie transparente (vidrio o plástico) debe estar inclinado a 70° al Norte para calentar mejor el MT y que los espesores deben ser de 0.40 m por cada metro de alto; se propone como alternativa construir el MT en esquina orientado al Nor-este y Nor-oeste, evitando aleros. Natividad y Horn (2010) evaluaron si los MT son útiles en el Perú, ubicados dentro de la latitud tropical. Los resultados obtenidos demuestra la poca utilidad de los MT colocados verticalmente, y sugiere su posible uso en paredes con una distinta inclinación para obtener una eficiencia mayor, o todavía mejor, aprovechar la radiación solar incidente sobre un techo de la casa que tiene una inclinación hacia el norte.

El objetivo general de la presente investigación fue determinar el balance energético de un MT de concreto en Huaraz en relación al medio ambiente en las principales direcciones, determinando las dimensiones óptimas.

Donde: A= Acimut del Sol, Ap=Acimut de la pared, h= altura solar.
 Con el ángulo de incidencia y con ayuda de la figura 1, se calculó la transmitancia de la radiación solar por el acristalamiento el que se multiplicó por la radiación solar incidente.

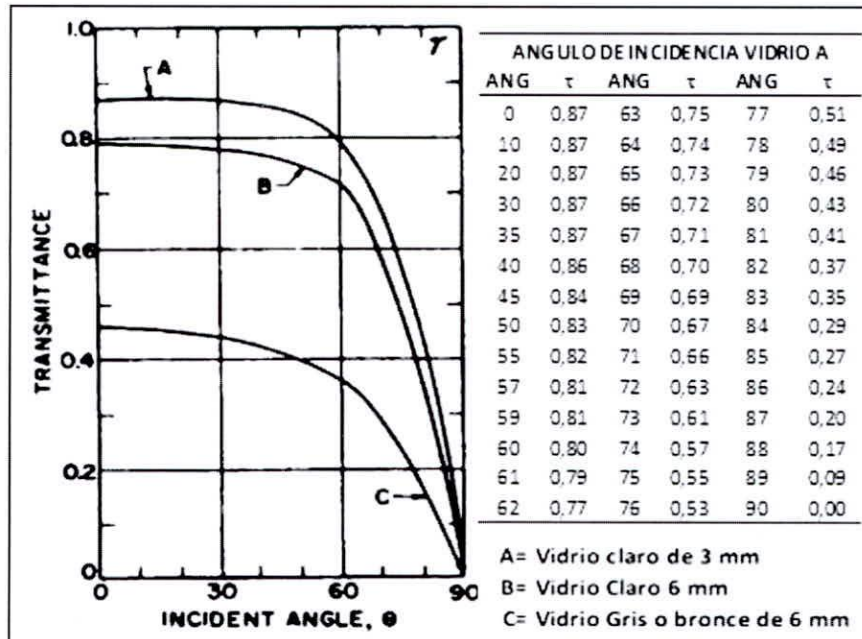


Figura 1. Factor de transmisión del vidrio A (τ) según ángulo de incidencia (ANG) Balcomb 1992:205

Se diseñó un módulo de prueba, que consistió en una habitación debidamente aislada de 4 m de largo por 3 m de ancho y 2.4 m de alto, se diseñó un Muro Trombe de concreto de 0.39 m que se colocó en una cara de 3 m por 2.40 m. Se dimensionó el MT para un retraso de 10 horas y se empleó las ecuaciones dadas por Bedoya y Neyla (1986: 99).

$$\mu = \exp\left(-\frac{e}{\lambda} \sqrt{\frac{\pi k c p}{T}}\right)$$

Donde: μ = amortiguación, φ= retraso en horas, e= espesor de la pared, T= tiempo 24 horas y/o 2350. Si T= 24 h, entonces

$$\varphi = \frac{T}{2} \cdot A \sqrt{\frac{B}{\pi \cdot T}}$$

Para calcular el coeficiente de transmisión térmica U, se recurre a las ecuaciones siguientes:

$$U = 1/K$$

$$K = 1/h_i + \sum e_i / \lambda_i + 1/h_e \text{ (Bedoya y Neyla. 1986:87)}$$

Donde: K = coeficiente de intercambio térmica; λ_i= coeficiente de conducción del material; e_i = espesor del elemento. Según la norma NBE-CT-79: h_i = coeficiente de intercambio superficial interno es de 0,11 en cerramientos verticales y 0,17 en horizontales; h_e = coeficiente de intercambio superficial externo es de 0,06 para cerramientos verticales y 0,05 en horizontales.

Para pisos se utiliza la ecuación U = πr/λs

Donde: U=resistencia térmica. r=radio del fujó. λs= conductibilidad del terraplén, solado, concreto.

Se efectuó el balance energético horario del módulo sometido a diferentes direcciones y durante los doce meses del año, tomando en cuenta solo la radiación solar incidente directa; no se consideró la ganancia de calor por techos y muros, ni tampoco las ganancias internas producidas por ocupación. Se utilizó las formula de ganancia del calor (Beltrán 1986:127):

$$R \cdot Ar = U_w \cdot A_w \cdot (T_s - T_a) + U_r \cdot A_r \cdot (T_s - T_o) + ACHV \cdot (T_s - T_o)$$

Donde: R= radiación solar, U= valor de Transmitancia, Ts=temperatura muro trombe, Ar= área de colector, Aw= área de muros, Ta=Temperatura cuarto adyacente, To= Temperatura exterior, ACH=cambio aire/ hora, V= volumen muro trombe.

Se despejó T_s para hallar la temperatura superficial horaria del MT:

$$T_s = (U_w \cdot A_w \cdot t_a) + U_r \cdot A_r \cdot T_o + ACH \cdot V \cdot T_o + (R \cdot A_r) / (U_w \cdot A_w + U_r \cdot A_r + ACHV)$$

Hallada la T_s , se calculó el flujo de calor (Ft) que atraviesa el Muro Trombe según ecuación:

$$F_t = U_w \cdot A_w (T_o - T_a)$$

La temperatura del cuarto adyacente se calculó según ecuación de Szokolay (1980), estableciéndose T_o en 20°C.

$$T_n = 17,1 + 0,31 T_{mf}$$

Dónde: T_n = temperatura neutra. T_{mf} = Temperatura media del mes más frío. Los límites para la temperatura del bulbo seco son: $t_n - 2$ y $t_n + 2$

Para ACHV, renovación horaria del aire, se empleó la ecuación (Beltrán. 1986: 148).

$$ACHV = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot N \cdot (t_a - t_o)$$

Donde: V = Volumen del espacio en m^3 ; Ce=Calor específico del aire; Pe=Peso específico del aire; N= Número de renovaciones de aire/hora; Ta= Temperatura interior del local; To=Temperatura exterior del local.

Se calculó las pérdidas por transmisión ($Q_t = A \cdot U$) por hora de cada elemento: infiltración, muros, techos, pisos; para el borde de piso ($Q_t = L \cdot U$). Esta pérdidas por transmisión de calor, se calcula para horario diurno y horario nocturno de cada elemento; el primero de 6.00 AM a 6.00 PM (12 horas), el segundo de 6.00 PM a 6.00 AM (12 horas). En el horario nocturno se considera la incorporación de aislamiento que reduce las pérdidas. Sumar la transmisión hallada y multiplicarla por 24 horas para hallar la transmisión de calor diaria.

Se halló la "pérdida de calor horaria" ($Q_p = Q_t \cdot \Delta t$) por mes de cálculo. Para $\Delta t = t_o - t_a$, la temperatura externa horaria (t_o) se extrae de los datos de la estación de Shancayan del Senamhi. La temperatura interior (T_a) asumida de cálculo es 20°C. Se sumó las pérdidas de calor para hallar las pérdidas diarias.

Para las ganancias de calor, para evitar distorsiones, solo se tuvo en cuenta las ganancias solares del MT según cada orientación, multiplicándose el área vidriada por la transmitancia de la radiación solar, se sumó todas las ganancias horarias y se halló la ganancia total diaria.

Para ver el comportamiento térmico dinámico del módulo por hora durante un día típico del mes durante los meses del año se empleó la figura 2. Para tal efecto, se aplicó el método propuesto por Bedoya y Neyla (1986: 105): Se supone una temperatura inicial (Ti) al comenzar el día (6 AM) y se le añade la variación de temperatura hallada; a esta temperatura interior hallada, se le suma la variación de temperatura de la hora siguiente para hallar la temperatura final de esta hora y así sucesivamente, hasta completar las 24 horas. La ecuación empleada fue la de Balcomb (1992:284):

$$\Delta T = 0,61 Q_s / DHC$$

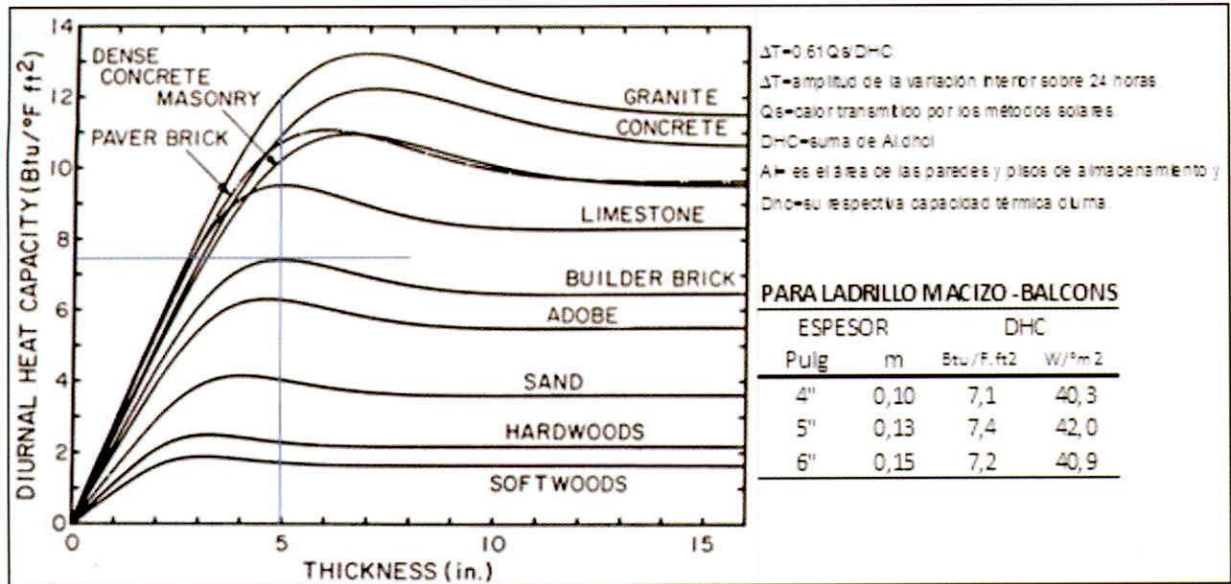


Figura 2. Capacidad diurna de calor (DHC) para varios materiales como función del espesor del material.

Fuente: Balcomb.1992

Se halló el promedio de las temperaturas halladas y se hizo coincidir con la temperatura promedio diario T_a hallada mediante la ecuación (Mazria. 1979:316):

$$T_a = \frac{Q_s}{Q_t} + t_o$$

Donde: Q_s = Ganancias solares, Q_t = Perdidas por transmisión, T_o = temperatura exterior.

Se elaboró programas en Microsoft Excel para efectuar los balances energéticos de los MT en base a las ecuaciones obtenidas en medios bibliográficos. Finalmente se procesó y correlacionó la información en matrices y gráficas, con ellas se interpretó los resultados, que son materia de la presente investigación.

RESULTADOS

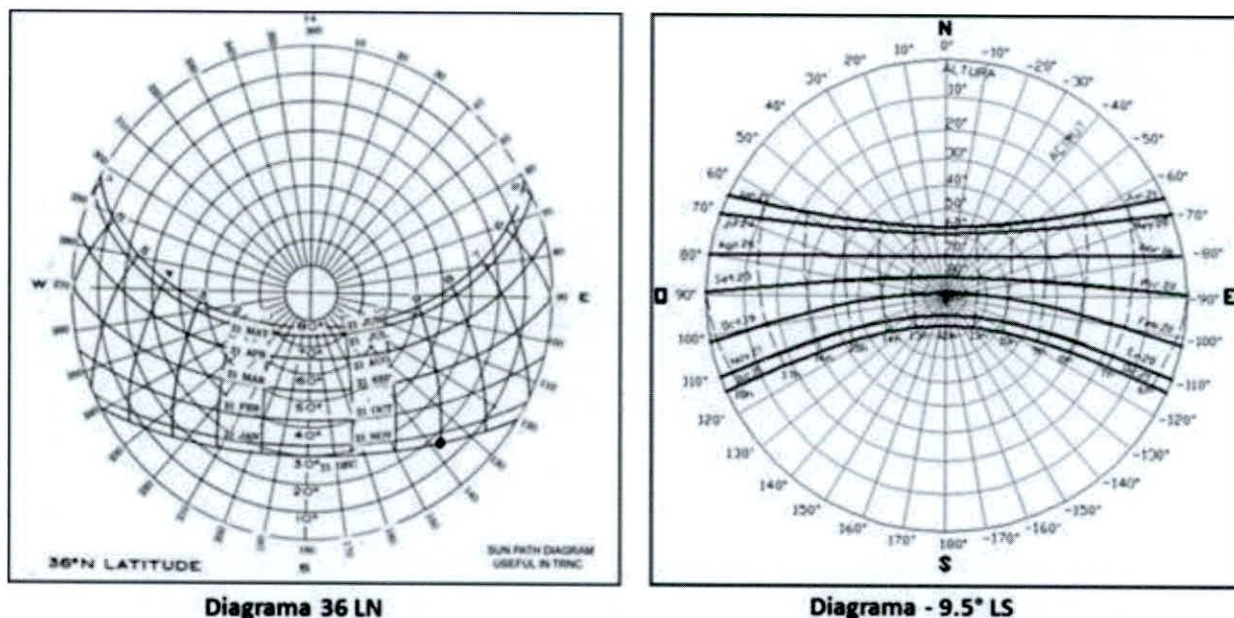


Figura 3. Diagramas solares en latitudes altas (Madrid) y bajas (Huaraz)
 Fuente: Batellier y elaboración propia

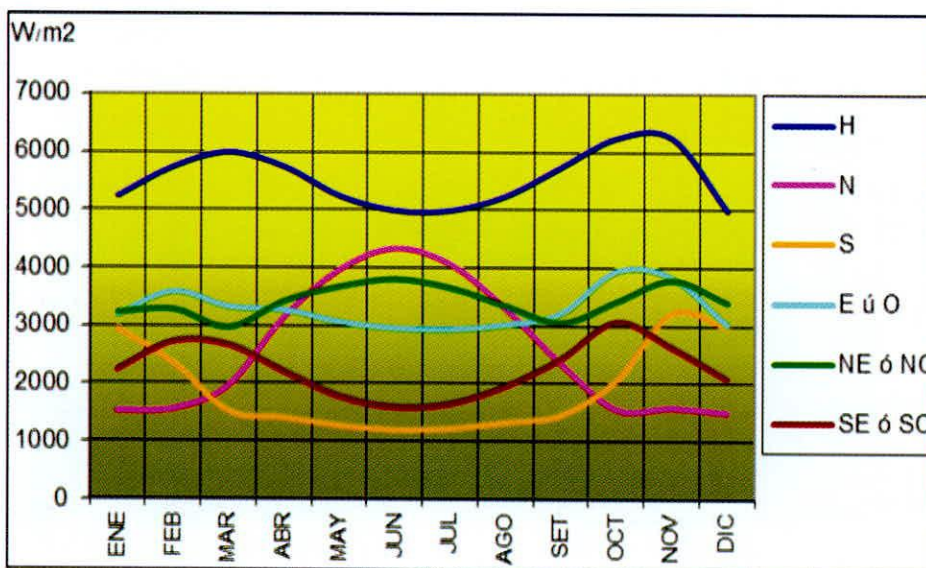


Figura 4. Radiación global en direcciones principales en W/m² en Huaraz

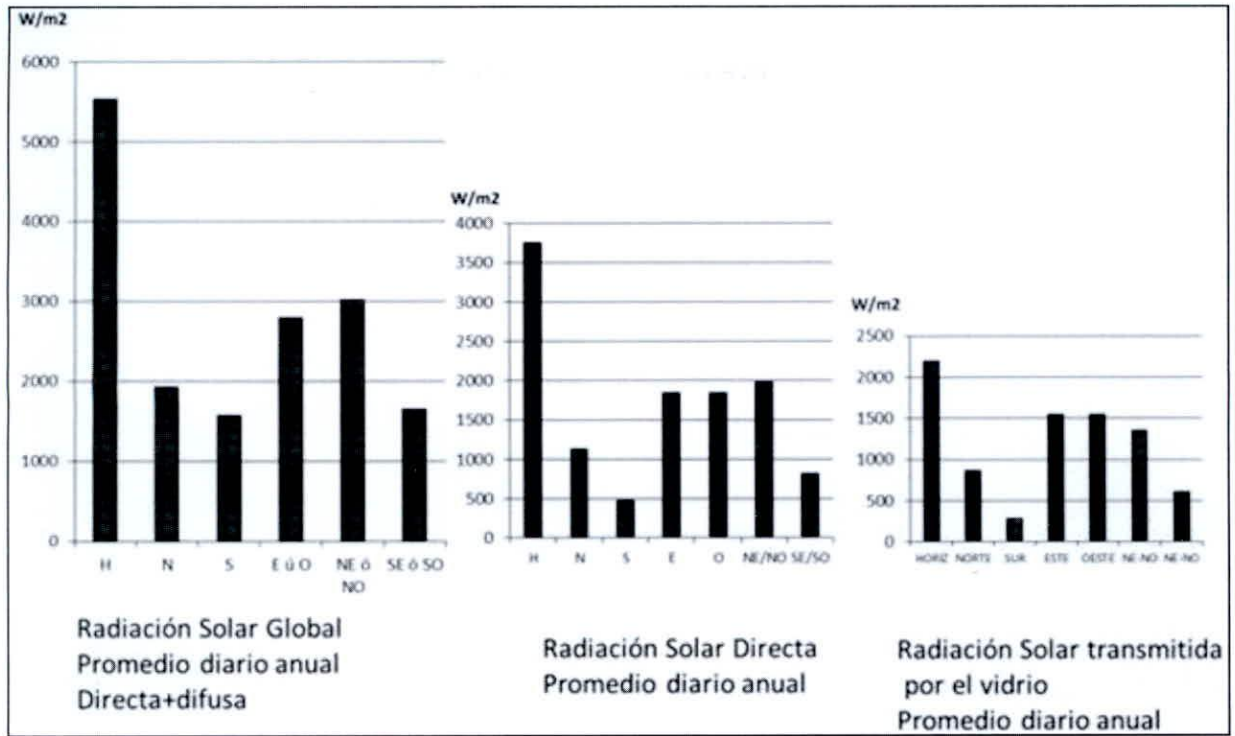


Figura 5. Radiación solar promedio diario anual: global, directa y transmitida por el vidrioado Fi

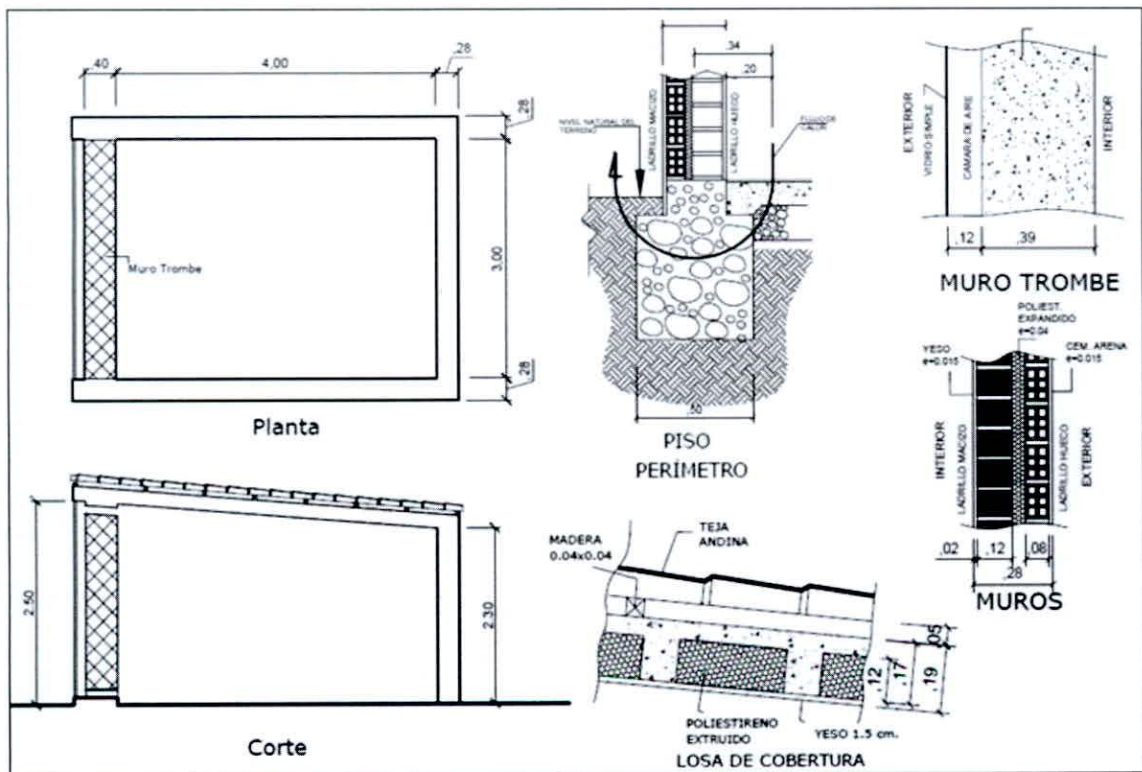


Figura 6. Módulo de ensayo

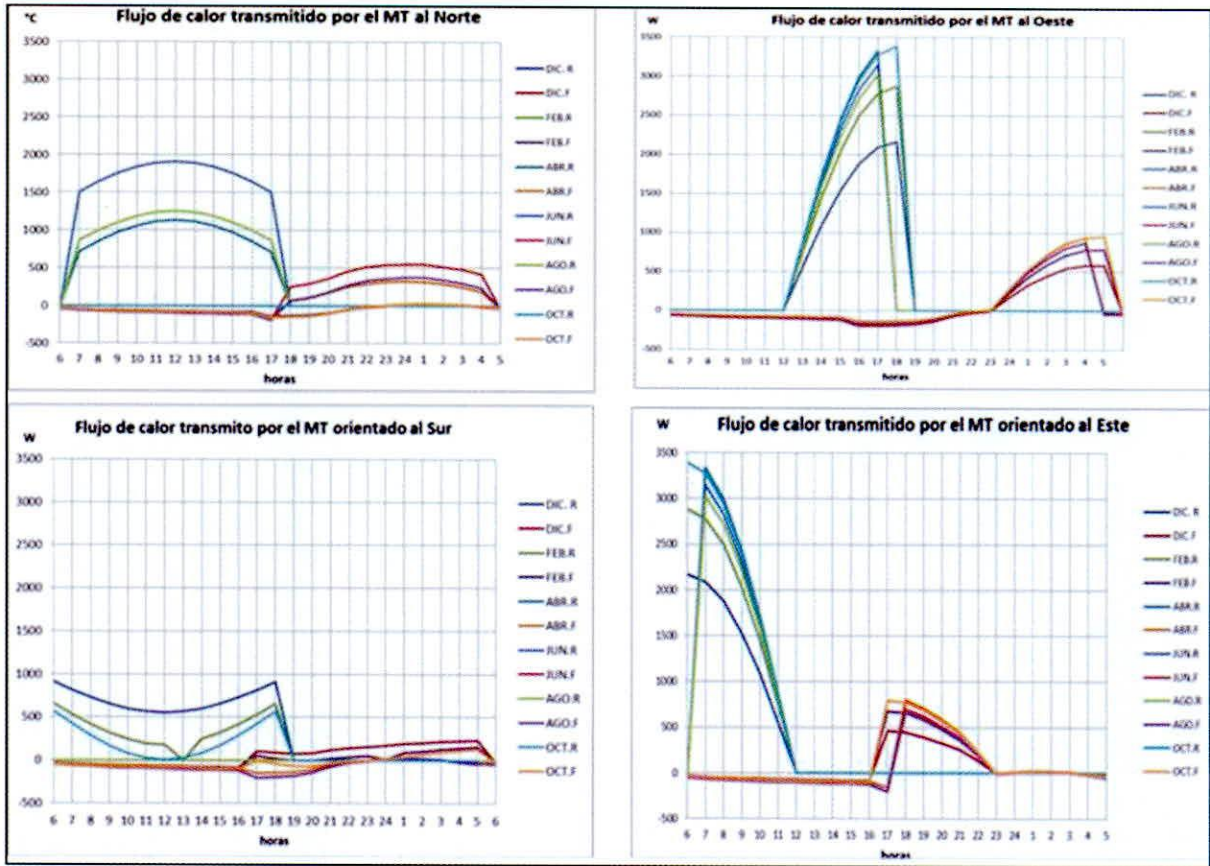


Figura 7. Flujo de calor transmitido por el Muro Trombe en W en los diferentes meses del año orientación Norte, Sur, Este y Oeste. Retraso de 10 horas

$$F_t = U_w \cdot A_w (T_o - T_a)$$

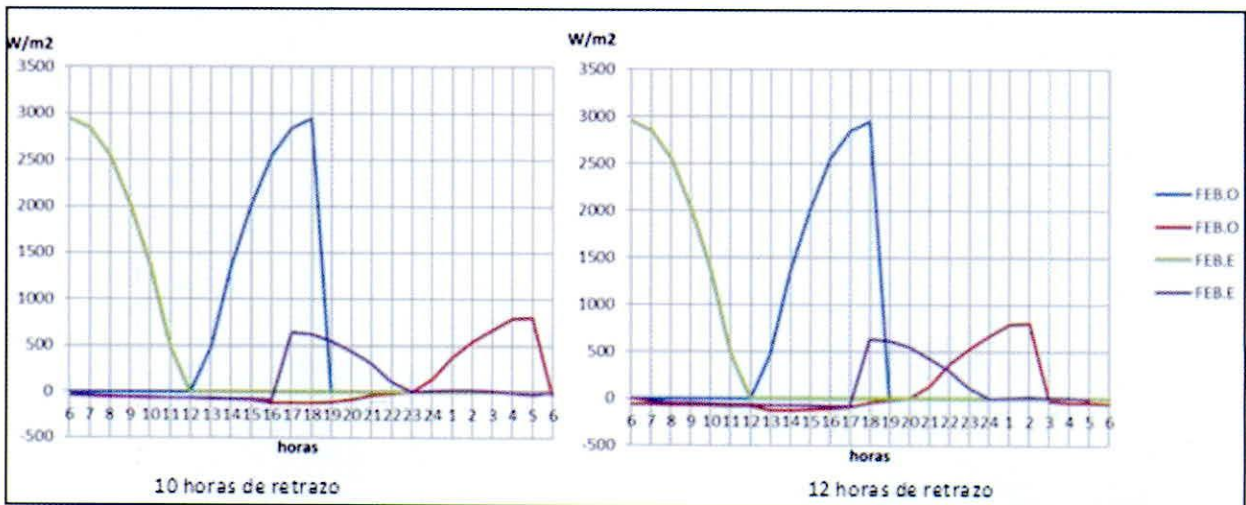


Figura 8. Flujo de calor transmitido por el MT en W cuando se orienta tanto al Este como al Oeste en el mes de febrero con 10 y 12 horas de retraso.

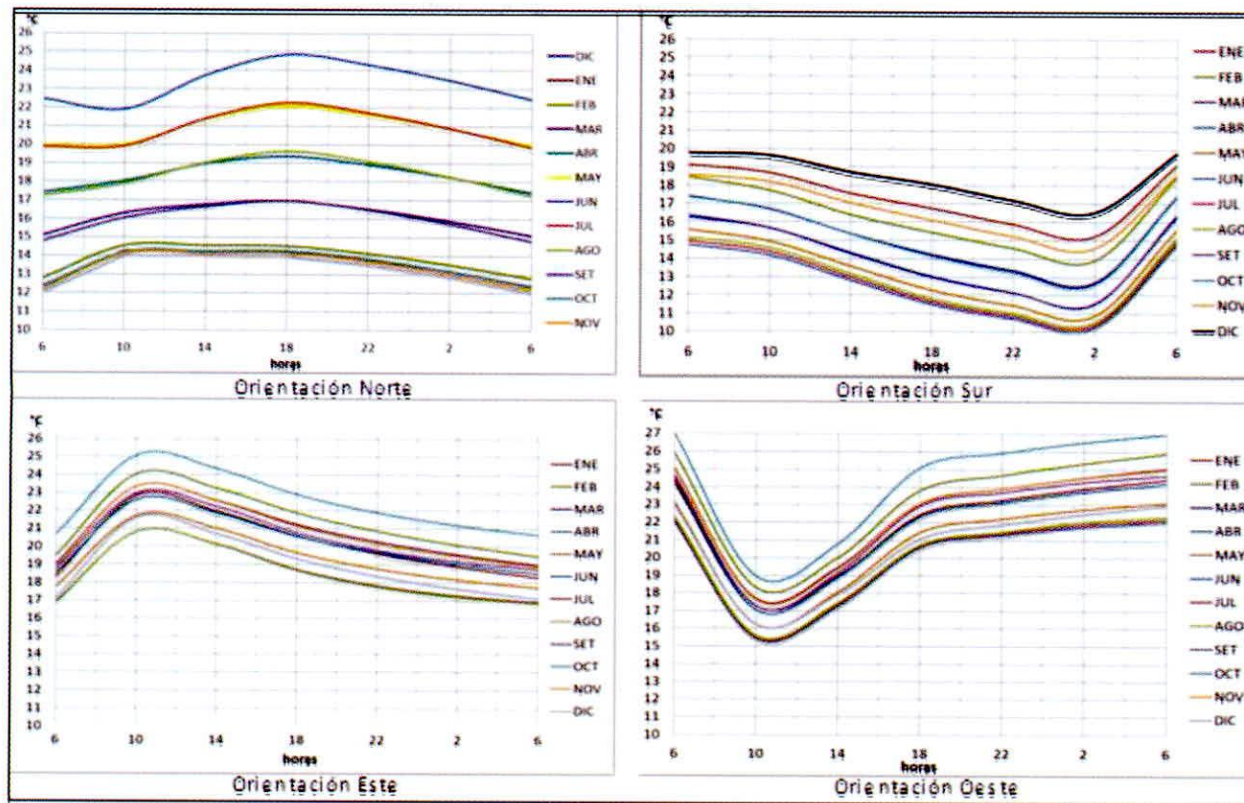


Figura 9. Rendimiento térmico del módulo en °C con el MT orientado al Norte, Sur, Este y Oeste durante el año.



Figura 10. Temperatura en °C promedio mensual diario por mes en principales Orientaciones del MT

