

# Aporte Santiaguino



Aporte Santiaguino 15 (1), enero - junio 2022: 87-102

ISSN: 2070 – 836X; ISSN-L: 2616 - 9541

DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.923>

Website: [http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiaguino](http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino)



## Influencia de un patio con techo vidriado en el confort térmico de una vivienda en la ciudad de Huaraz

### Influence of a courtyard with a glazed roof on the thermal comfort of a house in the city of Huaraz

MIGUEL CORRALES PICARDO<sup>1</sup>

#### RESUMEN

El trabajo determinó la influencia de un patio techado con vidriado para mejorar el confort térmico de una vivienda de control mínimo ubicada en la ciudad de Huaraz-Perú; para lo cual se comparó la misma vivienda antes de cubrir el patio y después de la intervención. El cálculo térmico se efectuó mediante el análisis de ganancias y pérdidas de calor. En conclusión, el patio con techado vidriado, incrementó la temperatura alrededor de 1,97 °C, mejorando el confort térmico de la vivienda, pasando de una temperatura media interna de 17,17° a 19,4 °C.

**Palabras clave:** patio; techo vidriado; control mínimo; radiación solar.

<sup>1</sup> Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash, Perú.

©Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite: Compartir - copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, Adaptar - remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

## **ABSTRACT**

The work determined the influence of a glazed roofed courtyard to improve the thermal comfort of a minimum control house located in the city of Huaraz-Peru; for which, the same dwelling was compared before covering the courtyard and after the intervention. The thermal calculation was carried out through the analysis of heat gains and losses. In conclusion, the courtyard with a glazed roof increased the temperature by around 1.97 °C, improving the thermal comfort of the dwelling, going from an internal average temperature of 17.17° to 19.4 °C.

**Keywords:** courtyard; glass roof; minimal control; solar radiation.

## **INTRODUCCIÓN**

La mayor radiación solar que se recibe durante todo el año en la ciudad de Huaraz, por estar cerca al Ecuador Terrestre (Latitud 9,5° S, longitud 75° O y a 3100 m.s.n.m.) es la horizontal, pues la energía solar incidente diaria de promedio anual está entre 5500 a 6000 W/m<sup>2</sup> (Atlas de Energía Solar del Perú, 2003). La temperatura media ambiente de cada mes del año, por estar cerca la Ecuador terrestre, es de alrededor de los 14 ± 1 °C, no existiendo estaciones marcadas (Corrales, 2021). Son los patios y claraboyas de las viviendas localizadas en estos lugares, los que tienen la ventaja de recibir y aprovechar mejor la radiación solar horizontal para calentar los ambientes y lograr un mejor confort térmico.

Muchas viviendas en Huaraz, se han construido alrededor de un patio central sin techado vidriado, que sirve para iluminar los ambientes aledaños, pero no se aprovecha esta condición para mejorar el confort térmico de estas edificaciones; las viviendas generalmente se construyen con muros de ladrillo de 0,15 m de espesor y con techos de losas aligeradas de 0,20 m, las que no tienen el confort térmico adecuado por ser de control mínimo.

Según Monroy (2006:118-121) en las viviendas de control mínimo, los ocupantes accionan mecanismos de regulación ambiental disponibles sin diseño solar pasivo específico; y establece entre

otras, que para una temperatura ambiente promedio externa de 14 °C se llega a una temperatura interior media anual de 17,5 °C. La Norma peruana EM 110 de Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética (2014), establece que temperatura ambiente interior para viviendas para confort térmico, debe alcanzar como mínimo los 18 °C. Según Szokolay (2014), para Huaraz para una temperatura anual media, le corresponde una temperatura neutra de confort de  $T_n = 21,4 \pm 2,5$  °C (entre 18,9 °C a 23,9 °C).

En regiones frías de latitudes mayores a 30°, se aprovecha la energía solar por medio de diseños solares pasivos, mediante una envolvente térmica adecuada, utilizando invernaderos, muros trombe y ventanas orientada al norte (o sur según la latitud) debido a que los paramentos verticales orientados en esa dirección reciben mayor radiación durante todo el año, pero no utilizan los patios por tener poco asoleamiento (Abraham, 2017).

Uno de los problemas cruciales en las primeras etapas del proceso de diseño de un edificio es la falta de conocimiento de los arquitectos sobre el consumo de energía en diferentes formas de construcción con diferentes proporciones, especialmente en las formas del patio central (Tayari y Nikpour, 2022).

Los patios actúan como espacios intermedios importantes, pero no se tienen en cuenta en los estándares de confort. Los estándares normativos que regulan el confort adaptativo no toman en cuenta los parámetros que integran este tipo de espacios en las edificaciones, con el potencial templado que proporciona el microclima generado (Diz et al., 2021).

El diseño de la envolvente de los patios tiene un efecto significativo en el consumo de energía; en un caso de estudio en China, el factor más influyente en el uso anual de energía para calefacción, es el valor U del vidriado del patio, que explica casi el 60 % de los cambios en el uso de energía para calefacción. El efecto del coeficiente de ganancia de calor solar en dos tipos de diseños efectuados es tan alto como 82 % y 79 % para el uso de energía de iluminación en este caso de estudio (He, Tian y Shao, 2022).

Los patios vidriados pueden reducir la temperatura interior de las edificaciones en climas cálidos y aumentarla en climas fríos. Los resultados al usar un patio en una edificación en China, donde la temperatura ambiente natural promedio se redujo en aproximadamente 1 °C en verano y aumentó en aproximadamente 2 °C en invierno, demuestra que el diseño propuesto de un patio envidriado puede ahorrar alrededor del 19,6 % de las cargas de refrigeración en verano y alrededor del 22,3 % de las cargas de calefacción en invierno (Xu et al., 2018).

Zarghami y Pourbagher (2016) indican que un patio de invierno es un patio con un techo en su parte superior como invernadero; en inviernos crudos en Irán, al aire libre se llega a -5 °C en promedio; para el patio típico techado la temperatura es de aproximadamente +15 °C y dentro de la casa se trata de +24 °C. Bagheri, Hadi y Baradaran (2020) concluyeron que cuando la claraboya se cierra en invierno se crea un efecto invernadero, la temperatura de la zona del atrio durante la primera semana de invierno (22-28 de diciembre) osciló entre 10 °C y 23 °C; sin embargo, la temperatura del aire libre osciló entre -5 °C y 14 °C durante el mismo intervalo de tiempo; en promedio, la temperatura de la zona del atrio fue aproximadamente 15 °C más alta que la temperatura del aire libre en invierno. Yasa (2017) establece que el promedio del valor calorífico de la superficie en la tipología del patio, es de aproximadamente 21 °C y se observa que es de 40 a 45 °C en la opción del atrio, que es un patio techado.

En lugares sobre los 3,500 m.s.n.m. en el centro y sur del Perú, se han efectuado estudios con muros trombe e invernaderos orientados al norte, mas no con patios como los de Aquino (2018), Wieser, Rodríguez y Onnis (2021), Molina, Horn y Gómez (2020); los que alcanzaron temperaturas interiores de confort térmico entre 19 a 21 °C.

En Huaraz; Silva, Depaz y Alva (2016), techaron un patio central de una vivienda con vidriado; obteniendo como resultado que la temperatura interior se incrementaba entre 1,2 a 2,6 °C en promedio. Corrales (2021) efectuó un estudio de mejoramiento de la envolvente térmica de una vivienda en Huaraz, utilizando radiación solar directa por ventanales e indirecta por muros trombes, calentando los espacios habitables a 21 °C ± 1 °C.

Los estudios de casos de patios vidriados, son ínfimos, por eso el objetivo de la presente investigación es determinar la influencia del techo vidriado de un patio en el confort térmico de una vivienda típica en la ciudad de Huaraz, trabajo que permita dar mayor alcance sobre este aspecto.

## 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. El diseño de la investigación es cuasi experimental, donde los grupos no están asignados aleatoriamente, existiendo un grupo de control y un grupo experimental. La población, por ser un estudio de un caso, es igual que la muestra. La metodología consistió en diseñar una vivienda con un patio central sin techar de control mínimo, para luego compararla energéticamente cuando se techa el patio con un vidriado.

Se obtuvo los datos meteorológicos de Temperatura y Humedad de la Estación Meteorológica de Shancayán del SENAMHI en Huaraz. La radiación solar vertical y horizontal en diferentes direcciones se obtuvo de Corrales y Villegas (2013). Para obtener la temperatura de confort térmico se utilizó la temperatura interior de cálculo 20 °C.

Se determinó la transmisión térmica y los flujos de calor de los diferentes tipos de la superficie envolvente, que permitió efectuar el balance energético hora a hora en el día medio del mes más frío (junio) de cada vivienda, las que se orientaron de este y oeste por ser la mejor orientación, luego se comparó los resultados (Corrales, 2021). El balance energético se efectuó hora a hora en el día medio del mes más frío (junio) en cada vivienda en dirección E-O utilizando la ecuación (1):

$$Q = \theta_{conducción} + \theta_{transmisión} + \theta_{ocupantes\ y\ equipos} + \theta_{ventilación} \quad (1)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n K_i S_i (T_{sai} - T_{int}) + \sum_l^m \tau_i S_i E_{si} + \sum_i^w P_i + Q_m c_a (T_{ext} - T_{int}) \quad (2)$$

La temperatura interior hora a hora se obtuvo al aplicar las ecuaciones 3 y 4

$$T_{int} = \frac{Q_m c_a T_{ext} + \sum S_i T_{sa} + \sum P_i + \sum \tau_i S_i E_{si}}{Q_m c_a + \sum S_i K_i} \quad (3)$$

Donde  $K$ = la conductancia del elemento de cierre.  $S_i$ = la superficie.  $T_{sai}$ =Temperatura sol aire.  $T_{int}$ = temperatura interior de cálculo (20 °C).  $\tau$  = coeficiente de transmisión del vidrio.  $E_{si}$ = Energía solar transmitida.  $P_i$ = calor de fuentes internas: ocupantes, equipos e iluminación.  $Q_m$ = Caudal másico de ventilación.  $C_a$ = calor específico del aire.  $T_{ext}$ = temperatura exterior. La conductancia en caso de pisos es  $K_i S_i (T_{int} - T_{terreno})$ .

Para la variación de temperatura horaria se utilizó la ecuación siguiente:

$$\Delta T = 0,61 Q_s / DHC \quad (4)$$

Donde:  $\Delta T$  = variación de temperatura horaria.  $DHC$ = suma de  $A_i \cdot dhci$  donde  $A_i$  = área de paredes, techos y pisos de almacenamiento y  $dhci$ = respectiva capacidad diurna (Abraham 2017).

La ecuación para evaluar el performance térmico del patio está basada en:

$$R \cdot A_r U_r \cdot A_r (T_s - T_o) + U_w \cdot A_w (T_s - T_a) + U_v \cdot A_v (T_s - T_a) + ACH \cdot (T_s - T_o) \quad (5)$$

Donde  $R$ = radiación solar que pasa por el vidrio.  $U$ = valor de  $U$ .  $T_s$ = temperatura invernadero.  $A_r$ = área de colector.  $A_w$ = área de muros.  $T_a$ = Temp. cuarto adyacente.  $T_o$ = Temp. exterior.  $ACH$ = cambio aire/ hora.  $V$ = volumen del invernadero.

## RESULTADOS

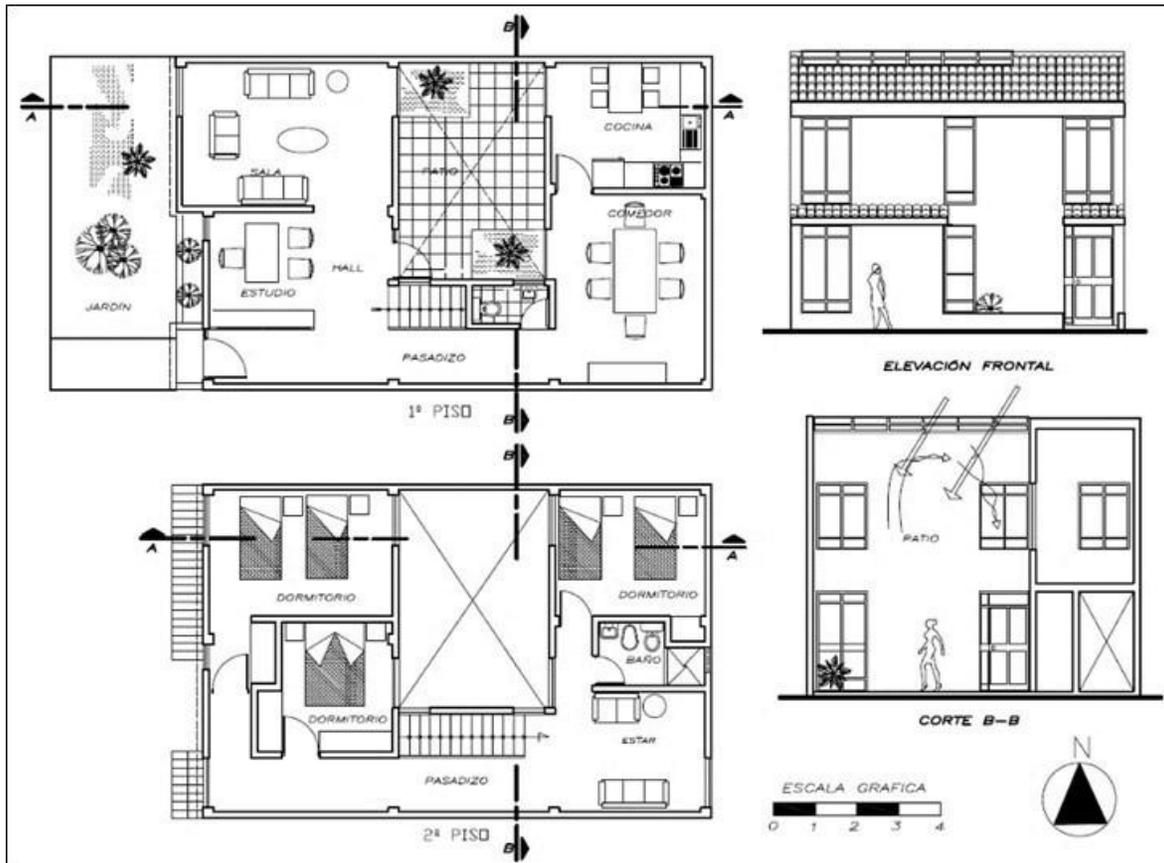


Figura 1. Vivienda V1: Existente sin patio techado - Vivienda V2: Es la V1 con patio techado

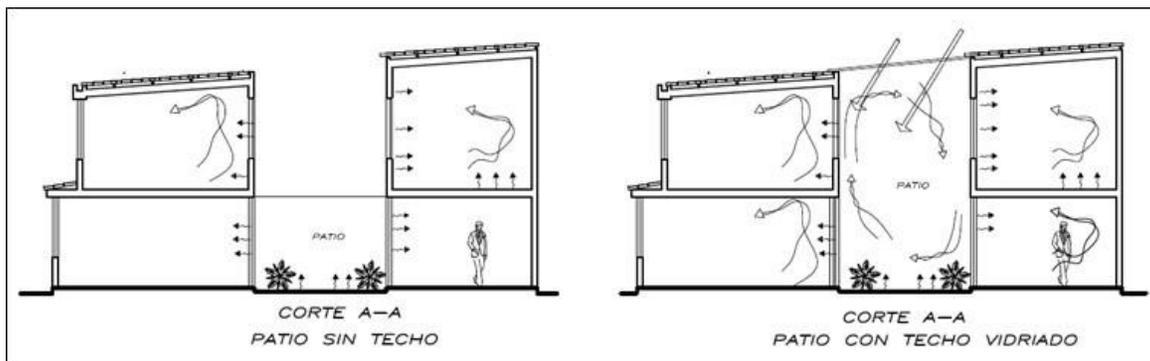


Figura 2. Corte A-A del patio sin techado y con patio techado.

Tabla 1. Balance energético en W/m<sup>2</sup> °C y temperatura interior en °C del patio techado

H	I	R	Ar	Uw	Uv	Av	Aw	Ta	To	Ur	ACH	V	TS
1	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	8,4	5,78	0,75	106,6	15,8
2	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	7,5	5,78	0,75	106,6	15,4
3	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	6,6	5,78	0,75	106,6	15,1
4	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	5,7	5,78	0,75	106,6	14,8
5	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	4,8	5,78	0,75	106,6	14,4
6	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	3,9	5,78	0,75	106,6	14,1
7	137,54	63,18	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	5,6	4,481	0,75	106,6	17,6
8	314,64	184,18	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	13,3	4,481	0,75	106,6	24,7
9	466,72	297,26	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	15,6	4,481	0,75	106,6	29,7
10	583,42	383,95	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	16,1	4,481	0,75	106,6	33,2
11	656,78	437,11	18,2	2,532	5,8	25,3	69,28	20,0	17,1	4,481	0,75	106,6	35,5
12	681,80	453,77	18,2	2,532	5,8	25,3	69,28	20,0	19	4,481	0,75	106,6	36,7
13	656,78	437,11	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	21,0	4,481	0,75	106,6	36,8
14	583,42	383,95	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	22,5	4,481	0,75	106,6	35,3
15	466,72	297,26	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	22,4	4,481	0,75	106,6	32,0
16	314,64	184,18	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	20,4	4,481	0,75	106,6	27,1
17	137,54	63,18	18,2	2,532	5,80	25,3	69,28	20,0	19,5	4,481	0,75	106,6	22,2
18	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	17,7	5,78	0,75	106,6	19,2
19	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	13,8	5,78	0,75	106,6	17,7
20	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	12,9	5,78	0,75	106,6	17,4
21	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	12,4	5,78	0,75	106,6	17,2
22	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	11,8	5,78	0,75	106,6	17,0
23	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	11,1	5,78	0,75	106,6	16,7
24	0,00	0,00	18,2	2,532	5,78	25,3	69,28	20,0	10,9	5,78	0,75	106,6	16,7
<b>Total</b>	<b>5000</b>	<b>3185</b>											<b>21,3</b>

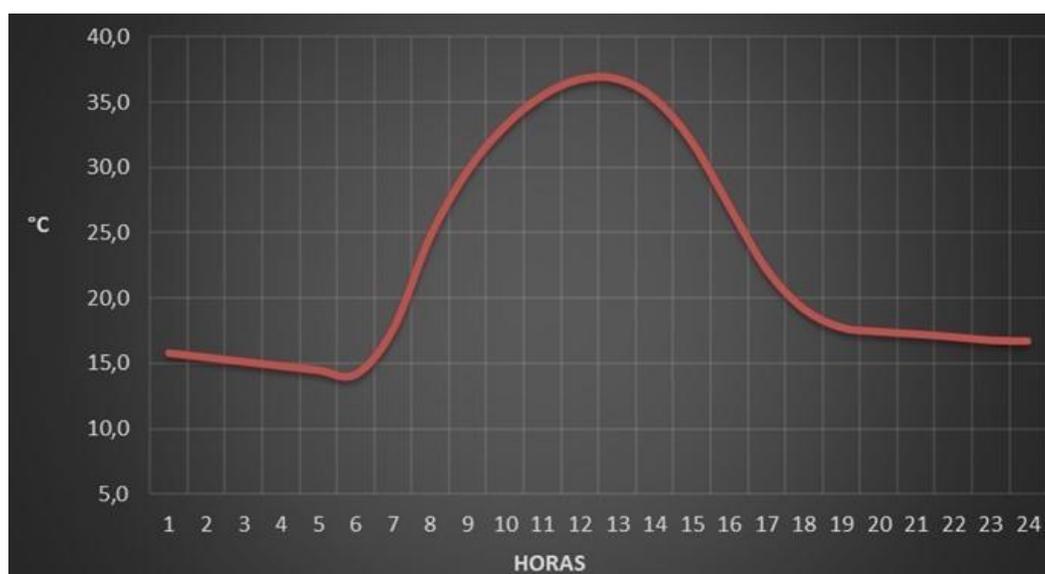


Figura 3. Temperatura interior horaria alcanzada en el patio techado en °C

Tabla 2. Balance energético en W/m<sup>2</sup> °C y temperatura interior en °C de la vivienda V1 para el mes de junio (sin patio encristalado)

h	Te	GANANCIAS				PERDIDAS						VARIACIÓN TEMP.			
		VENT	PATIO	M+T	OCUP.	TOTAL	VENT	M+T	CIM.	PISOS	INFILT.	TOTAL	ΔT	°C	°C
1	8,4	0	0	1703	271	<b>1973</b>	-2871	-4479	-450	-275	-1482	<b>-9557</b>	-0,27	17,33	17,05
2	7,5	0	0	1078	272	<b>1349</b>	-3094	-4827	-485	-296	-1597	<b>-10299</b>	-0,32	17,05	16,73
3	6,6	0	0	-631	272	<b>-359</b>	-3316	-5175	-520	-318	-1712	<b>-11041</b>	-0,41	16,73	16,32
4	5,7	0	0	-1105	273	<b>-832</b>	-3539	-5522	-555	-339	-1827	<b>-11782</b>	-0,45	16,32	15,87
5	4,8	0	0	-1251	274	<b>-977</b>	-3762	-5870	-590	-360	-1942	<b>-12524</b>	-0,49	15,87	15,38
6	3,9	0	0	-1396	981	<b>-415</b>	-3985	-6217	-625	-382	-2057	<b>-13265</b>	-0,49	15,38	14,89
7	5,6	10062	0	-1542	815	<b>9335</b>	-3564	-5561	-559	-342	-1839	<b>-11864</b>	-0,09	16,90	16,81
8	13,3	10080	0	-1687	251	<b>8643</b>	-1658	-2587	-260	-159	-856	<b>-5520</b>	0,11	16,81	16,92
9	15,6	9267	0	-1833	216	<b>7650</b>	-1077	-1681	-169	-103	-556	<b>-3586</b>	0,15	16,92	17,07
10	16,1	7791	0	-1979	42	<b>5854</b>	-960	-1498	-151	-92	-495	<b>-3196</b>	0,10	17,07	17,16
11	17,1	5799	0	-2124	393	<b>4068</b>	-718	-1120	-113	-69	-370	<b>-2389</b>	0,06	17,16	17,22
12	19,0	3960	0	-2270	1653	<b>3344</b>	-247	-386	-39	-24	-128	<b>-824</b>	0,09	17,22	17,31
13	21,0	4426	0	-2415	1105	<b>3116</b>	247	386	39	24	128	<b>824</b>	0,14	17,31	17,46
14	22,5	4758	0	-2561	493	<b>2689</b>	619	965	97	59	319	<b>2060</b>	0,17	17,46	17,63
15	22,4	4771	0	-2567	288	<b>2492</b>	596	930	93	57	308	<b>1984</b>	0,16	17,63	17,79
16	20,4	4451	0	-806	198	<b>3843</b>	99	154	16	9	51	<b>330</b>	0,15	17,79	17,94
17	19,5	3784	0	681	407	<b>4873</b>	-124	-193	-19	-12	-64	<b>-412</b>	0,16	17,94	18,10
18	17,7	0	0	1307	247	<b>1554</b>	-569	-888	-89	-55	-294	<b>-1895</b>	-0,01	18,10	18,09
19	13,8	0	0	1637	1522	<b>3159</b>	-1534	-2394	-241	-147	-792	<b>-5108</b>	-0,07	18,09	18,02
20	12,9	0	0	1854	2184	<b>4038</b>	-1757	-2742	-276	-168	-907	<b>-5850</b>	-0,07	18,02	17,95
21	12,4	0	0	1875	767	<b>2642</b>	-1881	-2935	-295	-180	-971	<b>-6262</b>	-0,13	17,95	17,82
22	11,8	0	0	2151	596	<b>2747</b>	-2029	-3167	-318	-194	-1047	<b>-6756</b>	-0,14	17,82	17,68
23	11,1	0	0	2245	389	<b>2634</b>	-2203	-3437	-345	-211	-1137	<b>-7333</b>	-0,17	17,68	17,51
24	10,9	0	0	2169	287	<b>2456</b>	-2252	-3514	-353	-216	-1162	<b>-7498</b>	-0,18	17,51	17,33
<b>Σ</b>	13,3	69149	0	-7466	14195	<b>75878</b>	-39581	-61757	-6206	-3793	-20428	<b>-131765</b>			
<b>Ti</b>						<b>17,17</b>									<b>17,17</b>

Tabla 3. Balance energético en  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$  y temperatura interior en  $^\circ C$  de la vivienda V2 con patio techado de vidrio para el mes de junio

h	Te	GANANCIAS					PERDIDAS					VARIACIÓN TEMP.			
		VENT	PATIO	M+T	OCUP.	TOTAL	VENT	M+T	CIM.	PISOS	INFILT.	TOTAL	$\Delta T$	$^\circ C$	$^\circ C$
1	8,4	0	0	1241	271	<b>1512</b>	-2048	-4167	-450	-275	-1482	<b>-8422</b>	-0,25	19,51	19,26
2	7,5	0	0	760	272	<b>1032</b>	-2207	-4490	-485	-296	-1597	<b>-9076</b>	-0,29	19,26	18,97
3	6,6	0	0	-450	272	<b>-178</b>	-2366	-4814	-520	-318	-1712	<b>-9729</b>	-0,36	18,97	18,61
4	5,7	0	0	-786	273	<b>-513</b>	-2525	-5137	-555	-339	-1827	<b>-10383</b>	-0,39	18,61	18,22
5	4,8	0	0	-892	274	<b>-618</b>	-2684	-5460	-590	-360	-1942	<b>-11036</b>	-0,42	18,22	17,80
6	3,9	0	0	-998	981	<b>-16</b>	-2843	-5784	-625	-382	-2057	<b>-11689</b>	-0,42	17,80	17,38
7	5,6	6622	1150	-1104	815	<b>7482</b>	-2542	-5173	-559	-342	-1839	<b>-10455</b>	-0,11	17,92	17,81
8	13,3	6414	3352	-1210	251	<b>8807</b>	-1183	-2407	-260	-159	-856	<b>-4865</b>	0,14	17,81	17,95
9	15,6	5661	5410	-1316	216	<b>9971</b>	-769	-1564	-169	-103	-556	<b>-3160</b>	0,25	17,95	18,20
10	16,1	4490	6988	-1422	42	<b>10098</b>	-685	-1393	-151	-92	-495	<b>-2816</b>	0,26	18,20	18,46
11	17,1	3013	7955	-1528	393	<b>9833</b>	-512	-1042	-113	-69	-370	<b>-2106</b>	0,28	18,46	18,74
12	19,0	1703	8259	-1634	1653	<b>9981</b>	-177	-359	-39	-24	-128	<b>-726</b>	0,33	18,74	19,07
13	21,0	1640	7955	-1740	1105	<b>8961</b>	177	359	39	24	128	<b>726</b>	0,35	19,07	19,42
14	22,5	1457	6988	-1846	493	<b>7092</b>	441	898	97	59	319	<b>1815</b>	0,32	19,42	19,74
15	22,4	1165	5410	-1812	288	<b>5051</b>	425	865	93	57	308	<b>1748</b>	0,24	19,74	19,99
16	20,4	786	3352	-506	198	<b>3829</b>	71	144	16	9	51	<b>290</b>	0,15	19,99	20,14
17	19,5	343	1150	580	407	<b>2480</b>	-88	-180	-19	-12	-64	<b>-363</b>	0,08	20,14	20,21
18	17,7	0	0	1050	247	<b>1297</b>	-406	-826	-89	-55	-294	<b>-1670</b>	-0,01	20,21	20,20
19	13,8	0	0	1303	1522	<b>2825</b>	-1095	-2227	-241	-147	-792	<b>-4502</b>	-0,06	20,20	20,14
20	12,9	0	0	1465	2184	<b>3649</b>	-1254	-2551	-276	-168	-907	<b>-5155</b>	-0,05	20,14	20,08
21	12,4	0	0	1480	767	<b>2248</b>	-1342	-2730	-295	-180	-971	<b>-5518</b>	-0,12	20,08	19,97
22	11,8	0	0	1662	596	<b>2258</b>	-1448	-2946	-318	-194	-1047	<b>-5954</b>	-0,13	19,97	19,83
23	11,1	0	0	1706	389	<b>2095</b>	-1571	-3197	-345	-211	-1137	<b>-6462</b>	-0,16	19,83	19,68
24	10,9	0	0	1615	287	<b>1902</b>	-1607	-3269	-353	-216	-1162	<b>-6607</b>	-0,17	19,68	19,51
$\Sigma$	13,3	33294	57969	-4381	14195	<b>101078</b>	-28236	-57451	-6206	-3793	-20428	<b>-116113</b>			
Ti						<b>19,14</b>									<b>19,14</b>

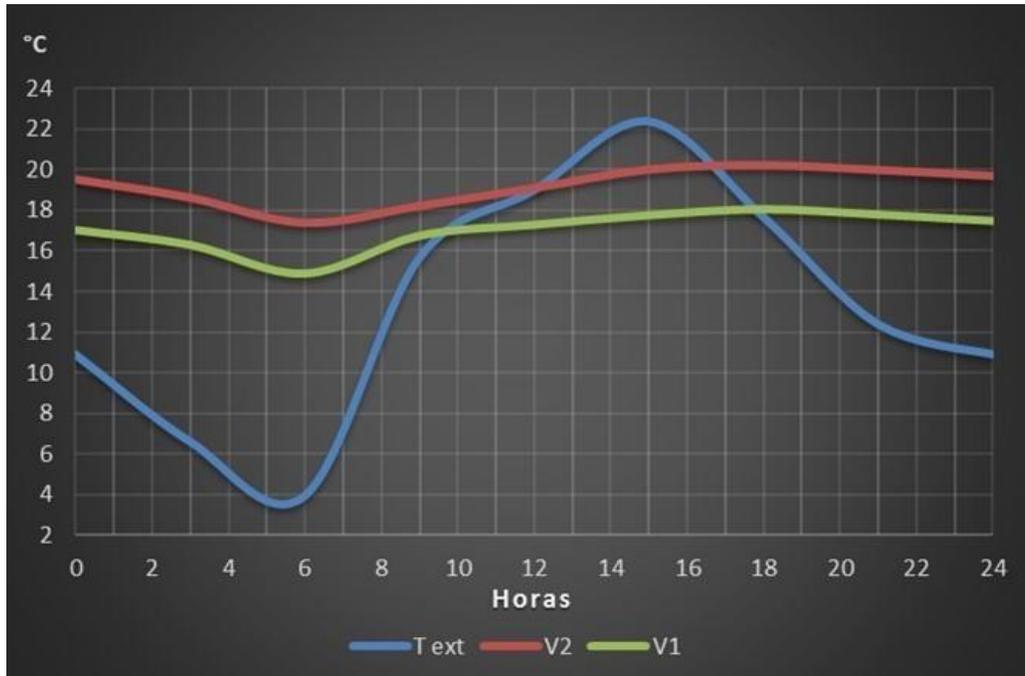


Figura 4. Comparación térmica de la temperatura interior en °C horaria de las viviendas V1 y V2 en relación a la temperatura exterior en °C

## DISCUSIÓN

La vivienda V1 de la Fig.1, es una edificación típica de dos niveles orientada al este y oeste, donde las habitaciones se distribuyen alrededor de un patio central; con una superficie envolvente caracterizada con muros de ladrillo de 0,15 m, con cubierta de losa aligerada, pisos de cerámico, ventanales con vidrio de 4 mm con control mínimo.

La V2, es la misma vivienda, con la diferencia de que el patio central está techado con una cobertura de vidrio de 4 mm de espesor y donde el muro lateral norte del patio cubre todo el vano; se aprecia sus características en la Fig. 1 y Fig. 2.

El patio de techo vidriado de la Fig. 3 que se analiza en la Tabla 1: debido al efecto invernadero, el patio llega a una temperatura entre los 14,1 a 36,8 °C con un promedio de 21,3 °C, transfiriendo durante el día 57969 W sobre las habitaciones circundantes, ayudando a bajar el consumo

de energía ((Tayari y Nikpour, 2022), actuando como un espacio intermedio importante generando un microclima muy especial, coincidiendo con Diz et al. (2021). También el patio sirve para dar el 100 % de iluminación a las habitaciones que le circundan, que es superior al 82% dadas por He, Tian y Shao (2022), esto debido a que son diferentes latitudes.

La temperatura promedio interior hallada en la Tabla 1, en el patio cubierto es de 21,3 °C para condiciones de temperatura exterior mínima de 3,9 °C, elevándose un total de 17,4 °C; resultados aproximados a los hallados por Zarghami y Pourbagher (2016), quienes en un estudio en Irán, determinaron una temperatura del patio cubierto de 15 °C para una temperatura exterior mínima de -5 °C, elevándose la temperatura en 20 °C, casi coincidente con Bagheri, Hadi y Baradaran (2020) en que la temperatura del atrio es aproximadamente 15 °C más alta que la temperatura de invierno. La temperatura máxima interior del patio según la Tabla 1 llega hasta los 36,8 °C, que se acerca a los 40 °C que estableció Yasa (2017).

Las ganancias de calor de la V1 mostrada en la Tabla 2 es de 75878 W, que son menores que las pérdidas de 131765 W, alcanzando una temperatura interior promedio de 17,17 °C ( $16,50^{\circ}\text{C} \pm 1,60$ ); en cambio, las ganancias de las V2 de la Tabla 3, son de 101078 W, también menor que las pérdidas que llegan a 116113 W, alcanzando una temperatura interior promedio de 19,14 °C ( $18,80^{\circ}\text{C} \pm 1,41$ ). Las pérdidas en ambos casos son mayores, debido a que la temperatura interior de cálculo fue de 20° C.

Los cálculos energéticos de la temperatura de 17,17 °C de la V1 son correctos, coinciden con lo indicado por Monroy (2006: 118-121), que afirma: una vivienda de control mínimo llega a una temperatura interior promedio aproximada a 17 °C cuando su temperatura media exterior es de 14°C; también es aproximado a los resultados de la vivienda típica analizada por Corrales (2021) en Huaraz que llega a los 16,6 °C.

En la Fig. 4 se muestra las temperaturas interiores alcanzadas por la V1 y la V2 con respecto a la temperatura ambiente exterior, en ella se nota, que la temperatura de la V2 permanece a una

distancia casi constante de 1,97 °C sobre la V1. La temperatura exterior es bastante oscilante entre los 3,9 °C a los 22,5 °C, mientras que la temperatura interior de la V1 oscila entre 14,89 °C a 18,10 °C y la V2 entre 17,38 °C a 20,21 °C, esto se debe a la protección de la cobertura envolvente.

La diferencia de temperatura de la V2 sobre la V1 de 1,97 °C, se aproxima a los resultados de los 2° C indicados por Xu et al. (2018), así como a los de Silva, Depaz y Alva (2016): 1,2 a 2,6 °C.

La norma EM 110 de Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética (2014), establece como temperatura mínima de confort para viviendas es de 18°C, la V1 tiene 3 horas con temperaturas  $\geq 18$  °C y la V2 llega a 20 horas. Si se considera la temperatura de confort térmico establecida por la fórmula de Szokolay (2014) para Huaraz es una temperatura neutra de 21,4 °C, siendo la mínima 18,9 °C y la máxima 23,9 °C; en la V1 ninguna hora está en confort térmico, ya que las temperaturas interiores están menos de 18,9 °C; en cambio en la V2, tiene 15 horas mayor igual a 18,9 °C.

Debido al efecto invernadero del patio techado, la V2 tiene mejor comportamiento térmico que la V1; pero las temperaturas de confort están por debajo de la temperatura neutra de 21,4 °C, por lo que es necesario mejorar su cobertura envolvente, que es la que le dará mayor inercia y desempeño térmico, tal como lo indica Corrales (2021).

## **CONCLUSIONES**

El techado vidriado de un patio mejora el confort térmico de una vivienda con patio sin techo en la ciudad de Huaraz, elevando la temperatura de 17,7 °C a 19,14 °C, estableciendo un incremento promedio de 1,97 °C.

La temperatura interior del patio vidriado alcanza entre 14,1 a 36,8 °C con un promedio de 21,3 °C, transfiriendo durante el día 57969 W sobre las habitaciones circundantes.

Para mejorar el confort térmico de las viviendas típicas con patio techado, es necesario mejorar la cobertura envolvente y los mecanismos de control.

En latitudes bajas, cerca al Ecuador Terrestre, se recibe mayor radiación solar en las superficies horizontales, por lo tanto, los patios vendrían a ser el equivalente a los invernaderos que se utilizan en viviendas de latitudes altas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, Martín. 2017. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*. Ohio: Elsevier.

Aquino, Elmer. 2018. «Determinación de la energía solar para el diseño bioclimático de viviendas en la ciudad de Juliaca Región Puno». *Revista de Investigaciones de la escuela de Posgrado Universidad Nacional del Antiplano*. Vol 7; N.º1: 410-421.  
<<http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2018.1.66>>

Bagheri, Hadi and Baradaran, Mobina. 2020. «Comparing the Thermal Efficiency of Courtyard and Atrium». *International Journal of Engineering and Technology*. Vol 12; N° 2: 95 -100.  
<<http://dx.doi.org/10.21817/ijet/2020/v12i2/201202010>>

Corrales, Miguel y Villegas, Víctor. 2013. «Determinación de la cantidad de radiación solar incidente en paramentos verticales en  $W/m^2$  en diferentes direcciones a partir de la radiación horizontal incidente en la ciudad de Huaraz – Perú». *Aporte Santiaguino*. Vol 6; N.º 1: 43-53. <<https://doi.org/10.32911/as.2013.v6.n1.517>>

Corrales, Miguel. 2021. «Superficie envolvente de control medio para mejorar el confort térmico de una vivienda en Huaraz». *Aporte Santiaguino*. Vol. 14, N.º 2: 239-252.  
<<https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n2.816>>

- Diz, E.; López, V.; Rivera, C.; Galán C.; Rojas, J. and Nikolopoulou, M. 2021. «Extending the adaptive thermal comfort models for courtyards». *Building and Environment*. Vol 203; N.º 108094: 1-13. <<https://doi.org/10.3390/su10113950>>
- He, C.; Tian, W.; and Shao, Z. 2022. «Impacts of Courtyard Envelope Design on Energy Performance in the Hot Summer–Cold Winter Region of China». *Buildings* 2022. Vol. 12; N.º 2: 173. <<https://doi.org/10.3390/buildings12020173>>
- Molina J.; Horn, M. y Gómez, M. 2020. «Evaluación sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda alto andina para lograr el confort térmico con energía solar». *Tecnia*. Vol 30; N.º 1: 70-79. <<http://dx.doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.841>>
- Monroy, Manuel. 2006. *Manual del calor*. Gran Canaria: Ayuntamiento de Las Palmas.
- Norma EM-110. 2014. *Confort térmico y lumínico con eficiencia energética*. Lima: Diario El Peruano, Decreto Supremo N.º 006-2014-Vivienda.
- Senamhi (2003) *Atlas de Energía Solar del Perú*.
- Silva, M.; Depaz, R. y Alva, O. 2016. «Mejoramiento del confort térmico de vivienda en uso en la ciudad de Huaraz con el aprovechamiento de la energía solar pasiva». *Aporte Santiaguino*. Vol 9; N.º 1: 37-48. <<https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n1.211>>
- Szokolay, Esteven. 2014. *Introduction to Architectural Science. The basis of sustainable design. Second edition*. Chicago: Architectural Press Elsevier.
- Tayari, N. and Nikpour, M. 2022. «Effect of Different Proportions of Courtyard Buildings in Hot-Dry Climate on Energy Consumption (Case Study: Traditional Courtyard Houses of Kerman, Iran) ». *Journal of Energy and Environment*. Vol 13; N.º 1: 39- 45. <<https://dx.doi.org/10.5829/ijee.2022.13.01.05>>

Wieser, M.; Rodríguez, S. y Onnis, S. 2021. «Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú». *Estoa*. Vol 10; N.º 19: 9–19. <<https://doi.org/10.18537/est.v010.n019.a01>>;

Xu, X.; Luo, F.; Wang, W.; Hong, T. and Fu, X. 2018. «Performance-Based Evaluation of Courtyard Design in China's Cold-Winter Hot-Summer Climate Regions». *Sustainability*. Vol 10; N.º 11: 3950. <<https://doi.org/10.3390/su10113950>>

Yasa, Enes. 2017. «Energy Efficient Buildings», Chapter 4. *In Building typology comparison between courtyard and atrium buildings: a study of thermal comfort and energy performance factors in different climate zones*. Rijeka: Intech. 61-91. <<http://dx.doi.org/10.5772/66669>>

Zarghami, E. and Pourbagher, S. 2016. «Comparative Modeling of Summer and Winter Courtyard in Cold Climate». *Naqshejahan*. Vol 5; N.º 4: 23-34. <<https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-5720-fa.pdf>>

Fecha de recepción: 13/03/22

Fecha de aceptación: 16/04/22

**Correspondencia:**

Miguel R. Corrales Picardo

mcorralesp@unasam.edu.pe