

EVALUACION TÉRMICA DE UN ELEMENTO ARQUITECTÓNICO ANCESTRAL: LOS PUTUCOS, PUNO, PERÚ

María Angélica Guevara Lactayo¹

¹Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Ricardo Palma, Surco, Lima, Perú, mguevaralactayo@yahoo.es

Palabra-clave: forma arquitectónica-material-comportamiento térmico-clima

Resumen

El proyecto consiste en el análisis del comportamiento térmico de un tipo de construcción ancestral denominada Putuco, elemento arquitectónico construido con adobe o champa, de planta cuadrada o rectangular techada con falsa bóveda de barro en forma de cono y en algunos casos con pequeña abertura para la eliminación de humos, al que se accede por una puerta pequeña y puede carecer de ventanas. El tema del estudio se ubica en Puno, Perú, latitud 15,83° LS, a 3.827 msnm con temperatura media anual de 14°C de día y 3°C de noche. Se ha seleccionado un grupo de Putucos utilizados en actividades domésticas cotidianas, clasificación de Marussi F. Se tiene como objetivo realizar una evaluación térmica del Putuco considerando sus características físicas y de organización en el conjunto arquitectónico, definiendo su grado de eficiencia y adecuación al clima de Puno y precisando con que dimensión y tipo de emplazamiento se hace más adecuado a este. La metodología de trabajo es analítica basada en conceptos relacionados al comportamiento térmico de la forma arquitectónica, en sus respuestas al desplazamiento del sol y del viento, a las características térmicas de los materiales de construcción usados y al elemento arquitectónico organizado dentro de un conjunto, en su situación de aislado o adosado. Se usará como recurso el software Ecotect y se calculará la temperatura interna en el Putuco en sus diversas circunstancias de uso y emplazamiento comparándose con el clima del lugar para definir su grado de eficiencia. Es importante el estudio de la arquitectura vernácula para rescatar los conocimientos ancestrales en lo que se refiere a la climatización interna de los espacios arquitectónicos para después de su evaluación utilizarlas en la arquitectura de barro actual, logrando soluciones simples pero comprobadas en su uso cotidiano utilizando además como recurso natural la energía del sol.

1. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como propósito analizar el comportamiento térmico de un elemento arquitectónico ancestral denominado Putuco, ubicado en Puno, ciudad del Perú que pertenece a la zona de trópico frío.

Se analiza la forma, altura y conformación que presenta, así como el material del que ha sido construido, definiéndose su comportamiento térmico se adecua a las características del clima de Puno.

Los actuales Putucos conservan gran cantidad de las características de las casa prehispánicas del altiplano como los vanos angostos de acceso, carencia de divisiones interiores, ausencia de muebles y a veces ausencia de ventanas. No se sabe exactamente cuando surgen sin embargo son observados en 1864 por George Squier (1877).

El Putuco aparece como una solución al cobijo del que tiene menos recursos, ya que su construcción no requiere sistemas constructivos complejos. Se plantea la utilización de materiales de construcción propios de la zona cuyas características termo-físicas y acabados finales los hagan eficientes para resolver los problemas que el clima en el que están insertos presenta, almacenando el calor del sol en los muros para resolver las etapas del día con temperatura más baja, utilizando el concepto de retardo térmico de los materiales de construcción.

2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1. El Putuco, elemento arquitectónico estudiado

El Putuco no constituye la casa campesina aislada, sino que conforma con otros elementos arquitectónicos, un complejo habitacional rural mayor, en las que se pueden encontrar otros Putucos o edificaciones diferentes a ellos, y que constituyen en conjunto la morada de la familia campesina (Marussi, 1999). Estos pueden tener diversos usos, algunos están relacionados a las actividades domésticas cotidianas, otros sirven de depósitos de objetos y productos y otros sirven para dar albergue a los animales. Entre los primeros según la función a la que están destinados, los usos pueden ser para cocina, cocina-dormitorio, cocina-deposito, dormitorio y dormitorio-deposito afirma Marussi (1999).

Presenta una planta cuadrada o rectangular y los muros y techos muestran inclinaciones diferenciadas y de alguna manera constituyen una continuidad. Los techos son altos y terminan en cono si la planta es cuadrada y en forma alargada y redondeada si es rectangular, según Marussi (1999). En la parte interna la altura puede llegar hasta 4,50 m, sin embargo allí el espacio se reduce en área, ayudando a reducir la disipación del calor y adquiriendo una escala más adecuada.

El Putuco presenta una sola puerta de acceso, a veces con un marco saliente con una forma de U invertida y se ubica 2 hiladas de champa hacia arriba para protegerla del ingreso de la lluvia. Algunos Putucos poseen pequeñas aberturas para la ventilación interna, presentan tarrajeo interior solamente, en la cara externa el adobe y la champa queda cara vista. El techo de champa generalmente se expone a la lluvia siendo más resistente que el adobe.

Los mampuestos utilizados son el adobe y la champa y se emplean en la construcción de los muros y el techo. El adobe utilizado tiene diversas dimensiones tales como de 43 cm x 31 cm x 14 cm y de 37 cm x 29 cm x 13 cm, conformados por paja y barro. La champa constituye una masa de tierra mezclada con raíces entrecruzadas que pueden ser ichu, chiji, quemello u otros pastos de la zona. La champa es extraída del suelo en forma de paralelepípedo. Para la extracción se utiliza un instrumento de labranza denominado chaquitacla. Las dimensiones de las piezas son similares a los adobes, según Marussi (1999).

La construcción se realiza colocando generalmente 2 o 3 hiladas de champa ya que estas son más resistentes a los efectos erosivos de la lluvia, las hiladas carecen de mortero horizontal y se asientan colocando las raíces hacia arriba y los tallos hacia abajo. El resto del muro puede ser de champa o de adobe. Las hiladas se van desplazando ligeramente hacia dentro del Putuco, logrando que los muros no sean verticales. Al culminar el muro se utiliza un artificio para pasar de una forma ortogonal a una cónica o redondeada que conformara el techo; el artificio consiste en la colocación de maderas en rollizo en las 4 esquinas de los muros uniendo los dos muros que hacen la esquina. Sobre el muro y las maderas se asienta las hiladas de champa correspondientes al techo, estas hiladas se van desplazando hacia el interior hasta lograr un cerramiento que culmina en la cúspide de la edificación (Marussi, 1999).

2.2. Área de estudio

La ciudad de Puno se encuentra a -15,55 LS y a -70,03 LO, con una altitud de 3.827 msnm. Ubicada en el Trópico de Capricornio, una de cuyas características es que recibe el sol de forma muy vertical, por este motivo el calentamiento mayor se da sobre superficies horizontales. El Putuco es una edificación que aparece en los distritos de Samán y Taraco al norte del Lago Titicaca, representando el 15,52% y 21,84% de las viviendas construidas según Marussi (1999). El Lago Titicaca, masa de agua importante, se ubica al sur de los distritos citados, e influye en el microclima de la zona incrementando levemente la humedad y logrando que la temperatura sea más estable tanto en su valor máximo como en el mínimo.

2.3. Características del clima de Puno

La temperatura máxima en Puno se da a las 14:00 horas con un valor de 14,31°C en promedio a lo largo del año y la mínima se presenta a las 6:00 horas con un valor de 2,54°C en promedio a lo largo del año. Su temperatura tiene un comportamiento siempre debajo del confort, existiendo una diferencia entre el valor menor del confort y la temperatura máxima de 2,20°C en promedio y de 13,95°C con la temperatura mínima. La temperatura presenta una oscilación entre la máxima y la mínima de 11,77°C en promedio.

La humedad se encuentra en el confort todo el día a lo largo del año.

En Puno la radiación sobre superficie horizontal es mucho mayor que la que incide sobre superficie vertical desde las 9:00 horas hasta las 15:00 horas, logrando 8.930 W en el momento que el sol está vertical, para lograr confort se deberá completar el calentamiento de la edificación con la radiación recibido por las superficies E/O cuyo valor más alto lo alcanza a las 8:00 horas la Este y a las 16:00 horas la Oeste logrando un valor que fluctúa entre 625 W/m² y 421 W/m².

El viento en Puno proviene del NE y su velocidad promedio es de 2 m/s, lo que hace descender la temperatura, por lo tanto debe ser reducido en su intensidad a 0,25 m/s.

La precipitación se da en especial en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero y en las épocas frías esta precipitación se reduce.

Al analizar el confort interno de la edificación utilizando el ábaco psicométrico de Givoni, considerando una actividad sedentaria y un aislamiento por ropa no muy recargado, se evidencia que es muy importante la ganancia de calor de día y el aislamiento nocturno para evitar la pérdida y conseguir acercarse al confort. Se puede observar además que si se usa la masa térmica se lograra el confort con 11°C de temperatura, resolviendo el problema de la temperatura media durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

2.4. Características térmicas de los materiales: adobe y champa

2.4.1. Adobe

El adobe desde el punto de vista térmico es capaz de absorber, retener y restituir calor al interior cuando la temperatura mínima oscila, permitiendo que la temperatura interna se incremente. Es un material homogéneo, la propagación del calor por lo tanto es uniforme, al ser un material artesanal los componentes de la materia sólida no tienen una dimensión fija, y no se compacta ya que no es apisonado existiendo poros entre los elementos sólidos de tamaño diverso, puede haber humedad ya que puede absorberla del medio ambiente. El adobe presenta buen retardo térmico, depende directamente del espesor del muro e inversamente de la difusidad, la que depende directamente de la conductividad térmica e inversamente del calor específico y de la densidad del material. El espesor que presenta el muro es 0,35 m en promedio, recibe un tarrajeo final que es de barro, cal o yeso.

Los componentes del adobe presentan las siguientes características térmicas: la tierra tiene una densidad de 1.790 kg/m³, un calor específico de 880 J/kg×K y una conductividad de 0,750W/(m×K), el yeso tiene una densidad de 1.200 kg/m³, un calor específico de 840 J/kg×K y una conductividad de 0,520W/(m×K).

2.4.2. Champa

La champa desde el punto de vista térmico es similar al adobe; pero presenta algunas diferencias en el coeficiente global de transmisión térmica por la incorporación de raíces de ichu y otras fibras. La densidad igualmente debe reducirse por la incorporación de paja, sin embargo no existe información del porcentaje de paja utilizado y se ha considerado para el cálculo que el porcentaje de paja en relación al barro debe ser el 30% aproximadamente de este, igualmente el calor específico de la paja es mucho menor que el del barro, así como la conductividad. Los valores de los componentes son los siguientes:

La tierra tiene una densidad de 1.730 kg/m^3 , un calor específico de $880 \text{ J/kg}\times\text{K}$ y una conductividad de $0,750\text{W}/(\text{m}\times\text{K})$, el yeso tiene una densidad de 1.200 kg/m^3 , un calor específico de $840 \text{ J/kg}\times\text{K}$ y una conductividad de $0,520\text{W}/(\text{m}\times\text{K})$ y la paja tiene una densidad de 240 kg/m^3 , un calor específico de $180 \text{ J/kg}\times\text{K}$ y una conductividad de $0,070\text{W}/(\text{m}\times\text{K})$

3. EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO TERMICO DEL PUTUCO EN FUNCION A LA FORMA, LA CONFIGURACION Y AL MATERIAL DE CONSTRUCCION

Se ha estudiado dos tipos de Putucos:

Putuco1, de planta rectangular utilizado para depósito y con una orientación NEE SOO; los muros tienen una altura total de 3,76 m, hasta 1,76 m es de adobe y el resto es de champa.

Putuco 2, de forma cuadrada utilizado para dormitorio con orientación NO SE; los muros tienen una altura total de 4,50 m, hasta 1,80 m es de adobe y el resto es de champa.

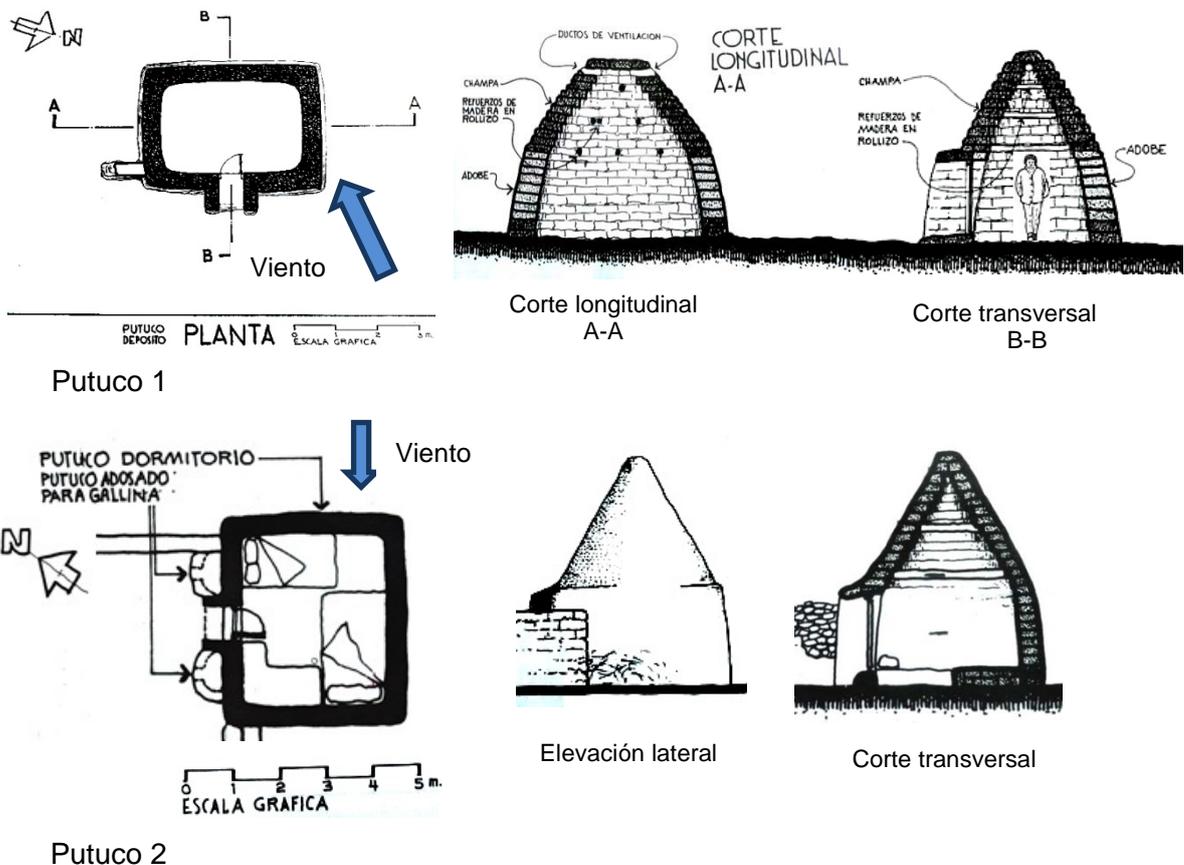


Figura 1. Planta y cortes del Putuco 1 (destinado a depósito) y del Putuco 2 (destinado a dormitorio) (Marussi, 1999)

3.1. Evaluación del impacto solar en función a la forma

3.1.1. Impacto sobre los muros y techo

Puno se encuentra dentro del trópico y esa característica hace que el recorrido del sol tenga una tendencia vertical en especial desde las 9:00 horas hasta las 15:00 horas, esta característica hace que el impacto sobre superficies horizontales o con tendencia horizontal sea mayor que sobre superficies verticales. Por la orientación y la forma que presenta el Putuco con muros levemente inclinados y con un techo aún más inclinado y curvo, conformando ambos un elemento continuo, hace que el impacto solar sobre ellos tenga una tendencia perpendicular a las diferentes horas del día, y a lo largo del año, esta

característica permite que la edificación se caliente más que un elemento ortogonal de las mismas proporciones.

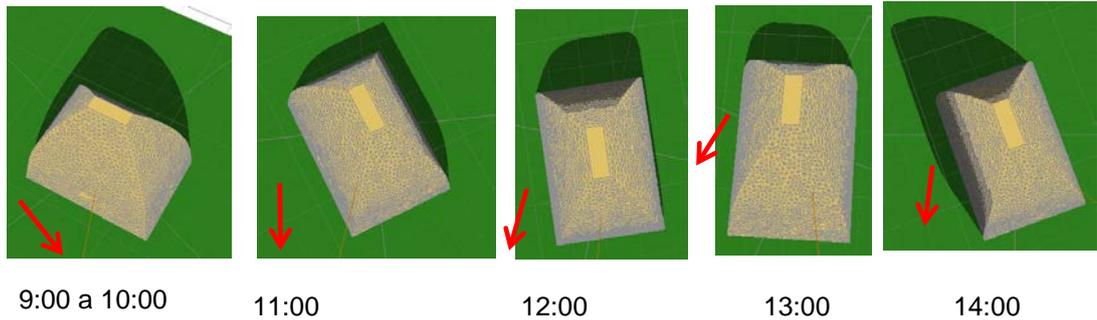


Figura 2. Impacto del sol sobre el Putuco desde 9:00 horas hasta 14:00 horas durante el invierno

En la figura 2 se observa que en invierno debido a la orientación y la forma del Putuco el techo y los muros con tendencia sur y oeste se asolean en horas que no deberían asolearse si fuera una edificación ortogonal, incrementándose en horas el impacto del sol sobre techo y muros acrecentándose el calentamiento. En la etapa de equinoccio el impacto es aún mayor ya que el sol es más vertical asoleándose los muros con tendencia norte, sur, y este desde las 8:00 horas hasta las 10:00 horas. A las 11:00 horas y 12:00 horas el asoleamiento es en todas las caras sin existencia de sombras sobre muros, produciéndose un mayor calentamiento.

3.1.2. Cálculo de la radiación en muros y techos

La radiación va variando con la orientación, la inclinación, la fecha y la hora de estudio.

Los muros del Putuco tiene una ligera inclinación y en uno de los casos presenta las siguientes orientaciones: NEE, NNO, SOO, SSE. La radiación que reciben tiene un valor más alto que una superficie perpendicular al suelo y un valor menor que el techo cuya inclinación es mayor. Se realizó una evaluación de la radiación recibida durante los cambios de estación y se obtuvieron los siguientes resultados:

En el caso de la orientación NEE el muro recibe el más alto valor de radiación en la mañana llegando a valores en promedio de $602,95 \text{ W/m}^2$, en setiembre, $411,28 \text{ W/m}^2$ en diciembre y $373,39 \text{ W/m}^2$ en junio. La orientación NNO recibe el más alto valor de radiación en la tarde con un valor en promedio de $364,39 \text{ W/m}^2$ en junio y $136,60 \text{ W/m}^2$ en setiembre. Para la orientación SOO, en junio, setiembre y diciembre se asolea a partir de las 12:00 horas con valores promedio de $525,82 \text{ W/m}^2$ en diciembre, $223,57 \text{ W/m}^2$ en junio y $150,08 \text{ W/m}^2$ en setiembre. En la orientación SSE no hay impacto en junio, en setiembre el impacto es en la mañana hasta las 10:00 horas, el valor mayor de radiación en promedio se presenta en diciembre en la mañana con $427,34 \text{ W/m}^2$.

El techo del Putuco tiene una inclinación más marcada y presenta las mismas orientaciones que el muro estudiado.

En el caso de la orientación NEE el techo recibe el más alto valor de radiación en la mañana llegando a valores en promedio de $732,35 \text{ W/m}^2$ en setiembre, $571,94 \text{ W/m}^2$ en diciembre y $458,1 \text{ W/m}^2$ en junio. La orientación NNO tiene los valores en promedio más altos de radiación en la mañana con un valor de $421,98 \text{ W/m}^2$ en junio y $377,77 \text{ W/m}^2$ en setiembre y $337,82 \text{ W/m}^2$ en diciembre. Para la orientación SOO, en junio, setiembre y diciembre el asoleo se produce a partir de las 12 m, logrando un valor en promedio de $570,67 \text{ W/m}^2$ en diciembre, $292,54 \text{ W/m}^2$ en junio y $185,93 \text{ W/m}^2$ en setiembre.

En la orientación SSE no hay impacto de sol en junio, la radiación es muy poca en setiembre, el impacto es en la mañana hasta las 10:00; la mayor radiación se presenta en diciembre en la mañana con un valor de $617,84 \text{ W/m}^2$ en promedio.

3.1.3. Impacto sobre el piso externo

El sol en Puno al ser muy vertical impacta de forma casi perpendicular en especial sobre las superficies horizontales, esto es sobre techos planos y pisos externos, los techos reciben el impacto total del sol, pero en los pisos se reduce el impacto al presentarse sombras sobre ellos. Teniendo en cuenta la forma que tiene el Putuco, las sombras que arroja sobre el suelo externo se reducen posibilitando un mayor calentamiento de este, contribuyendo de esta forma a que dicho piso irradie su calor a su vez incrementando el calor en los muros, contribuyendo de esta forma a un mayor calentamiento interno.

La forma y la orientación que presenta el Putuco a su vez modificarán la sombra que arroja sobre el suelo externo. La sombra más corta en el Putuco rectangular se presenta en verano, y la más larga en el invierno, en el Putuco cuadrado la sombra más corta se presenta en invierno y la más larga en verano.

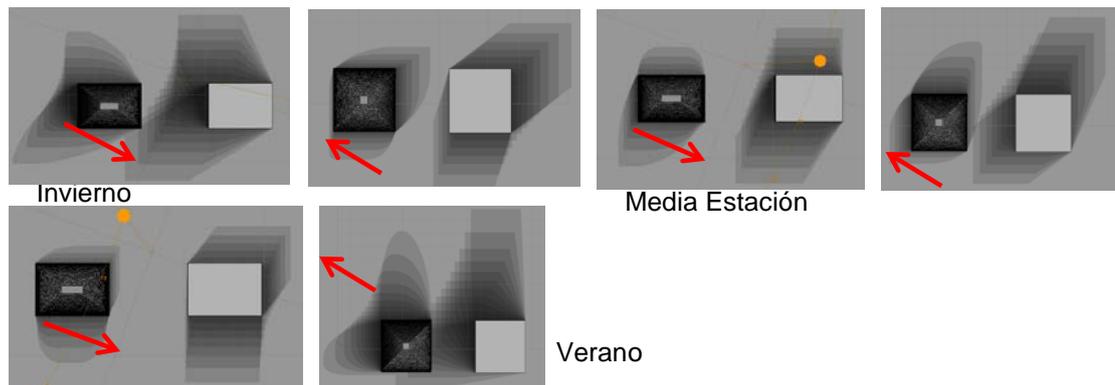


Figura 3: Comparación de las sombras arrojadas sobre el suelo a lo largo de un día típico el 22 de junio, el 22 de setiembre y el 22 de diciembre por dos Putucos de diferente planta y dos elementos arquitectónicos ortogonales de la misma dimensión.

En todos los casos la sombra del Putuco es más corta que la presentada por una edificación ortogonal de dimensiones iguales a la del Putuco.

3.2. Evaluación del impacto y desplazamiento del viento en función a la forma

La zona donde se ubican los Putucos presenta un paisaje sin obstáculos para que el viento se desplace, la vegetación es mínima y la topografía es plana, no existe mayor rugosidad que frene el viento, sin embargo por esta misma razón no existe la posibilidad de acumulación de aire frío en la parte baja en especial en las noches.

Los Putucos están ubicados formando un conjunto con otras edificaciones, por lo tanto el viento que proviene del NE no impacta con mucha fuerza sobre ellos ya que se produce algo de fricción con las demás edificaciones.

En el caso de una de las edificaciones estudiadas el viento impacta a 90° pero la única abertura de entrada que es la puerta está en la cara adyacente, por lo tanto no ingresa con fuerza al Putuco. En el otro caso el impacto del viento es con un ángulo menor de 45° y el viento podría ingresar por la puerta si está abierta, reduciendo el calentamiento del Putuco.

La forma que tiene el Putuco impide la acumulación de aire frío en la parte inferior ya que al ser el muro inclinado el viento fluirá con más eficiencia, reduciendo su permanencia en la base, así mismo la masa de aire se desplazará con mayor rapidez hasta llegar a la parte superior impidiendo el enfriamiento del Putuco.

- Evaluación en función a su organización con otros Putucos

Generalmente el Putuco está relacionado con otros elementos arquitectónicos conformando un conjunto, sin embargo solo en algunas ocasiones presenta edificaciones adosadas. Se hizo el estudio del comportamiento de la temperatura radiante interna para un Putuco

construido con champa adosado a dos Putucos similares y se encontró los siguientes resultados:

La temperatura radiante interna del Putuco adosado tiene un valor superior a la temperatura externa a lo largo del día, es muy estable, la diferencia entre el valor máximo y el mínimo es de 0,9 °C, o sea está aún por debajo de la temperatura confort, existiendo una diferencia en promedio de 6,39 °C.

La diferencia de temperatura entre el Putuco aislado y el adosado es muy poca, en promedio es de 0,54 °C.

3.3 Evaluación en función al material utilizado

Se calculó la temperatura radiante interna utilizando el software Ecotect.

El muro de adobe en su conjunto presenta las siguientes características térmicas: coeficiente global de transmisión térmica 1.350 W/m²×K, admitancia 4,7 W/m²×K (Evans, 2007), transmitancia térmica 2,16 W/m²×K y retardo térmico 8,95 h (Arias et al, 2007).

El muro de champa en su conjunto presenta las siguientes características térmicas (Ecotect): coeficiente global de transmisión térmica 0,610 W/m²×K, admitancia 1.860 W/m²×K, transmitancia térmica 2,16 W/m²×K y retardo térmico 7,8 h

Se considera dos seres humanos con 1 ciclo de aislamiento térmico, la humedad interna es de 44%, la velocidad del aire interna 0,50 m/s, se consideraron a los ocupantes con una actividad sedentaria con un valor de 70 W, 0,25 cambios por hora, una ganancia sensible de 5 y latente de 2.

Para el calculo se tomó en cuenta dos momentos del año, el de la temperatura mas baja 15 de julio y el de la temperatura mas alta 19 de noviembre.

Se ha calculado la temperatura radiante interna considerando dos materiales de construcción: el adobe, la champa y una combinacion de adobe y champa; el material utilizado para el piso es aislante y al techo se le asigna el mismo material del muro en cada caso, el piso exterior tiene enchape de piedra.

3.3.1. Calculo de la temperatura radiante interna con muro de adobe, champa o una mezcla de ambos

- Temperatura radiante interna en el dia mas frio (el 15 de julio).

La temperatura exterior es inestable la diferencia entre el valor mayor y el menor es de 13,4°C. La temperatura radiante interior es mas estable, la diferencia es menor de 1°C y varia según el tipo de material utilizado.

En el adobe, el valor mayor alcanzado es de 6,8°C y el valor menor es de 6°C -la diferencia de 0,8 °C. En la champa, el valor mayor alcanzado es de 9,9°C y el valor menor es de 9,3°C y la diferencia de 0,6°C. En la utilizacion de adobe y champa el valor mayor alcanzado es de 7,8°C y el valor menor es de 7,1°C y la diferencia de 0,7°C.

La temperatura exterior tiene su valor menor a las 5:00 horas con -4,6 °C, su valor mayor se presenta a las 13:00 horas con un valor igual a 8,8°C.

La temperatura radiante interior tiene su menor valor a las 5:00 horas con diversos valores, dependiendo del material utilizado y su valor mayor a las 16:00 horas con valores diversos ya indicados. Hay un desfase de 3 horas entre los valores mas altos en ambas temperaturas interna y externa.

La temperatura radiante interna está fuera del confort y la diferencia con el valor menor del confort es igual a 9,7°C para el muro de adobe, 6,6°C para el muro de champa y 8,7°C para el muro de adobe y champa en la etapa de más frio.

El putuco es mas eficiente conservando el calor que consigue en los momentos de mayor temperatura exterior, que permitiendo el paso del calor en el momento de más calor en la zona exterior.

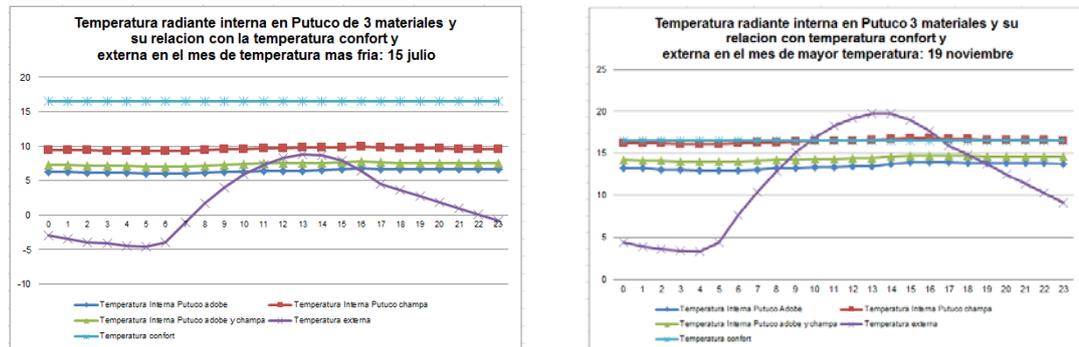


Figura 4. Cálculo de temperatura radiante interna en el Putuco el día más frío 15 julio y el más caliente 19 noviembre

- Temperatura radiante interna en el día más caluroso (el 19 de noviembre)

La temperatura exterior es inestable la diferencia entre el valor mayor y el menor es de 16,4°C. La temperatura radiante interior es mas estable, la diferencia es menor de 1°C y varía según el tipo de material utilizado.

En el adobe el valor mayor alcanzado es de 13,9°C y el valor menor es de 13°C, o sea, en consecuencia, la diferencia es de 0,9°C. En la champa el valor mayor alcanzado es de 16,8°C y el valor menor es de 16,1°C la diferencia de 0,7°C. En la utilización de adobe y champa el valor mayor alcanzado es de 14,7°C y el valor menor es de 14°C y la diferencia de 0,7 °C.

La temperatura exterior tiene su valor menor a las 5:00 horas con 3,3°C, su valor mayor se presenta a las 13:00 horas con 19,7°C.

La temperatura radiante interior tiene su menor valor a las 5:00 horas, dependiendo del material utilizado aquella puede variar; su valor mayor se da a las 16:00 horas que así mismo puede variar según el material usado. Hay un desfase de 3 horas entre los valores mas altos en ambas temperaturas interna y externa.

La temperatura interna está debajo del confort y la diferencia con el valor menor del confort es igual a 2,6 °C para el muro de adobe y 1,8 °C para el muro de adobe y champa, así mismo su valor coincide con el del confort para el muro de champa.

El putuco es mas eficiente conservando el calor que consigue en los momentos de mayor temperatura exterior, que permitiendo el paso del calor en el momento de mas calor en la zona exterior.

3.3.2. Comparación entre la temperatura radiante interna del Putuco y de una edificación ortogonal de similar tamaño el día más frío (15 de julio)

Se comparó la temperatura radiante interna de un Putuco con el de una edificación de dimensiones similares en lo que se refiere al largo, ancho y altura pero de forma ortogonal. Se detectó, modificando el material del que están contruidos -adobe, champa y adobe y champa simultáneamente-, un mayor valor de temperatura en el Putuco que en la edificación ortogonal, alcanzando el mayor valor en todos los casos el Putuco de champa, luego el Putuco de una combinación de adobe y champa y finalmente el de adobe.

En la Figura 5 se observa el comportamiento de la temperatura radiante interna del Putuco y de la edificación ortogonal. Son similares, en el caso del adobe la diferencia es de 0,84°C en promedio, en la champa la diferencia en promedio es de 2,24°C y en el de adobe y champa la diferencia en promedio es de 1,19°C. En el caso del Putuco de champa se acerca más que los otros a la temperatura confort.

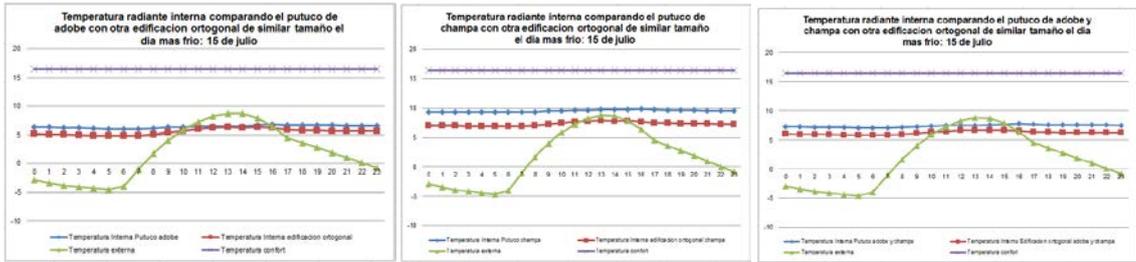


Figura 5. Cálculo de temperatura interna día más frío 15 de julio comparando el Putuco con otra edificación ortogonal de similar tamaño

3.3.3. Ganancia y pérdida de calor según los componentes considerados

Se hizo una evaluación considerando los materiales de construcción en sus dos posibilidades: adobe y champa.

Se encontraron los siguientes porcentajes de ganancia y pérdida teniendo en cuenta las siguientes categorías: superficie construida, impacto solar externo, ingreso solar, ventilación, ganancia interna e intercambio de calor.

Como se observa en la figura 6, las pérdidas en ambos es por superficie construida, ventilación e intercambio de calor con el espacio externo cuya temperatura es muy baja. Las ganancias se dan principalmente por el impacto de sol en la parte externa del muro y por el calor producido al usarlo, esto es por la existencia de seres humanos principalmente.

Sin embargo hay diferencia por el cambio de material. En el caso del Putuco construido con champa, la pérdida de calor por la superficie construida es menor que el caso del Putuco construido con adobe constituyendo un 36,8% de las pérdidas a diferencia de la de adobe que permite una pérdida más alta de 59,6%.

Ambos Putucos tienen solo una puerta para ingresar y carecen de ventanas, sin embargo, en el Putuco de champa, la pérdida por ventilación es mayor que en el de adobe, probablemente al ser el material menos compacto la ventilación permanente a través de los materiales sea mayor.

Cuando se analizan las ganancias en el caso del Putuco de champa el impacto solar produce el 13% de sus ganancias, mientras que en el adobe se incrementa a 22,6%, esto nos permite deducir que la champa es más eficiente evitando la pérdida que permitiendo la ganancia de calor.

Tabla 1. Ganancias y pérdidas a lo largo del año en el Putuco debido a una serie de consideraciones denominadas categorías

Tipos de ganancias – Putuco Desde el 1 de enero al 31 diciembre				
Material usado	Champa		Adobe	
Categoría	Pérdidas (%)	Ganancias (%)	Pérdidas (%)	Ganancias (%)
Superficie construida	36,8	0	59,6	0
Impacto sol externo	0	13,0	0	22,6
Ingreso solar	0	0	0	0
Ventilación	39,8	0	30,3	0
Ganancia interna	0	87,0	0	76,6
Intercambio calor	23,3	0,1	10,2	0,9

4. CONCLUSIONES

En el Putuco se estabiliza el comportamiento de la temperatura interna, gana temperatura en las horas del mediodía y la tarde y la conserva cuando la temperatura baja mucho durante la madrugada, por lo que se deduce que el Putuco es eficiente para evitar la pérdida de calor.

La ganancia de calor durante el día no es considerable, en especial a las horas en la que la radiación sobre superficie horizontal o levemente inclinada es muy alta, por lo que se deduce que el Putuco es muy eficiente para permitir el ingreso de calor cuando la temperatura exterior es más alta.

La forma que tiene el Putuco le permite reducir la sombra arrojada sobre el piso exterior que le rodea, posibilitando un mayor calentamiento por asoleamiento de este y logrando que irradie su calor hacia la parte externa de sus muros.

La forma que tiene el Putuco igualmente permite un mayor impacto de sol en diversas caras que no tendría si fuera un elemento ortogonal, propiciando un calentamiento adicional por este motivo.

Igualmente la forma que tiene el Putuco permite que el viento fluya si detenerse mucho tiempo sobre él y sin enfriarlo.

El cambio de material permite una modificación en la temperatura radiante interna del Putuco. Así la champa logra una temperatura interna mayor porque conserva de forma más eficiente el calor ganado, en cambio el adobe es más eficiente para lograr que el calor ingrese en los momentos de mayor temperatura externa pero lo conserva con menos eficiencia.

El Putuco no llega al confort al adosar más edificaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, L.; Latina, S.; Alderete, C.; Mellace, R.; Sosa, M.; Ferreyra, I (2007). Comportamiento térmico de muros de tierra en Tucumán, Argentina. Disponible en <http://fci.uib.es/digitalAssets/177/177906_4.pdf>. Acceso en 1/03/2015

Evans, J.M. (2007). Construcción con tierra. Disponible en: <<http://comuni.wikispaces.com/file/view/Construcci%C3%B3n+con+Tierra+3-FADU+UBA,+2007.pdf>>. Acceso en 1/03/2015

Marussi, F. (1999). Arquitectura vernacular Los Putucos de Puno. Lima, Peru, Universidad Ricardo Palma

Squier, G. (1877). Peru incidents of travel and exploration in the land of the Incas. Disponible en: <https://archive.org/stream/peruincidentsoft00squi#page/n9/mode/2up>. Acceso en 01/03/2015

AUTORA

María Angélica Guevara Lactayo, Maestría en Ciencias especialidad Arquitectura, Arquitecta. Profesora del Área de Acondicionamiento Ambiental en la Facultad de Arquitectura, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Expositora en TerraBrasil 2008, 2012 y 2014, SIACOT 2009, Ekotectura 2014, Directora del Proyecto.