

## INFLUENCIA DE LAS PACAS DE AVENA EN LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LAS VIVIENDAS EN ZONAS ALTOANDINAS

### INFLUENCE OF OAT BALES ON TEMPERATURE AND HUMIDITY IN DWELLINGS IN HIGH ANDEAN AREAS

Leonel Suasaca Pelinco, Alvaro Apaza Mamani, Jaime Augusto Flores Alfaro, Oscar Aaron Perca Chura y  
Wilson Quinto Machaca

*Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Puno, Perú*  
alvaroapazamamani@gmail.com

(Recibido el 31 de enero 2020, aceptado para publicación el 12 de junio 2020)

#### RESUMEN

En la región Puno las viviendas de los pobladores de las zonas altoandinas carecen de aislante térmico, siendo afectadas por las bajas temperaturas, intensificándose el friaje de abril a julio. Esta investigación propone una vivienda típica de la zona alto andina, factible de construir en su totalidad con materiales propios de la zona en un tiempo mínimo y que genere un aislamiento térmico para lograr un confort térmico óptimo. En las zonas alto andinas del altiplano Peruano y Boliviano, la avena se produce a gran escala y es usado como forraje para la alimentación del ganado vacuno y ovino. Se ha empleado la avena seca comprimida conocida como “paca de avena” en los muros como material de construcción principal. Una vez construida la vivienda, se desarrolló la medición de los parámetros por un periodo de 21 días, periodo en el cual se registró la temperatura y la humedad dentro de la vivienda haciendo uso del higrómetro con cable para exterior e interior, obteniéndose las temperaturas mínimas, máximas y porcentaje de humedad en la vivienda construida con pacas de avena. Como resultado, se ha obtenido que la temperatura en la vivienda está entre los 9.7°C a 10.1°C y la humedad está entre 44 % a 47 %, como valores máximos y mínimos respectivamente, a las cinco de la mañana, y 17.5°C a 18.3°C y 39% a 43% de humedad a las siete de la noche. Se obtuvieron diferencias con el exterior de 9°C como mínima y 9.8°C como temperatura máxima a las cinco de la mañana, 7.7°C como mínima y 8.9°C como máxima a las siete de la noche.

**Palabras Claves:** Confort Térmico, Bioclimáticas, Viviendas, Pacas de Avena.

#### ABSTRACT

In the region Puno the housings lack of thermal insulator, being affected the population by the low temperatures, intensifying at times of *friaje*. The present article proposes a typical house, feasible and fast to construct in its totality with materials of easy access, which facilitates the thermal isolation to obtain an optimal thermal comfort. It is known that oats are used as fodder for feeding cattle and sheep, abundant in the department of Puno. A study was made of the construction of a house in the high Andean zone using compressed dry oats known as *paca* in the walls as the main construction material, seeking to obtain thermal comfort. Once the house was built, measurements of the parameters were carried out for a period of three weeks, which recorded the temperature and humidity inside the house using the hygrometer with cable for outside and inside for obtaining minimum and maximum temperatures, and percentage of humidity. As a result, the maximum and minimum temperature inside the house were 9.7 °C and 10.1 °C, and the maximum and minimum humidity were 44 % - 47 % at five in the morning, and the same values at seven at night were 17.5 °C and 18.3 °C for the temperature and 39 % - 43 % for the humidity. Differences with the outside were of 9 °C as minimum and 9.8 °C as maximum temperature at five o'clock in the morning, 7.7 °C as minimum and 8.9 °C as maximum at seven o'clock at night.

**Keywords:** Thermal Comfort, Bioclimatic, Housing, Oat Bales.

#### 1. INTRODUCCIÓN

Las construcciones bioclimáticas y de confort térmico están tomando popularidad creciente en los últimos años en zonas rurales alto andinas donde las temperaturas bajas son las predominantes [1]. Existen escasas técnicas constructivas con el empleo de recursos propios del altiplano alto andino, en esta investigación se estudió una técnica de construcción utilizando las pacas de avena utilizado como materia prima principal para la construcción de la vivienda. A esta propuesta tecnológica de viviendas a base de pacas de avena, se vinculan los beneficios ambientales, económicos y

sociales que generen calidad de vida para los pobladores de las zonas alto andinas convirtiéndose en una alternativa a la construcción convencional practicada [2].

Las bajas temperaturas que se producen en las zonas alto andinas son nocivos para la salud, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) “Se produce una helada cuando la temperatura ambiental desciende a 0°C” [3].

En el Perú y Bolivia existen poblaciones andinas que encuentran en zonas de gran altitud, entre 3800 a 5000 m.s.n.m. En estas zonas la temperatura diurna y nocturna se produce una brecha considerable. La variación de la temperatura producida es de hasta de 30°C en un lapso de doce horas (-20 °C / +10°C) [4].

Los pobladores que habitan en las zonas alto andinas, las calorías que consumen mantienen su temperatura corporal antes de su desarrollo y crecimiento saludable, lo cual hace que sean más vulnerables, principalmente en niños y adultos mayores. [5]

La construcción con paja, avena, etc. es limitada, estos sistemas se deben investigar y desarrollar nuevas soluciones, para dar lugar a soluciones constructivas viables de realizar con materiales propios como los módulos prefabricados con pacas de avena que permiten solucionar las limitaciones espaciales en altura, con su respectivo estructural, con pruebas de calidad mecánica para garantiza la calidad de las viviendas. [6]

Los climas fríos de los andes de Sudamérica se originan por la presencia de zonas de gran altitud sobre el nivel del mar, donde existe la formación de nevados y cordilleras, también la presencia de precipitaciones en magnitudes considerables siendo un factor a tomar en cuenta al igual que los vientos en el diseño y construcción de viviendas.

En la región altiplánica de Perú y Bolivia se presencian épocas de abril a julio se presentan heladas con temperaturas menores a 0°C ocasionando pérdidas de vidas humanas y animales, también se registran problemas de salud en la población, a causa del diseño y construcción de viviendas rústicas de la zona, siendo la construcción de las viviendas a base de tierra en la forma de adobe o tapial la cual es económica pero no es térmica. [7]

La avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las poaceae. Se la siembra a principios de la primavera, para ser cosechada a fines del verano. Es de amplio uso para la alimentación humana y animal. Su cultivo se realiza a lo largo del callejón interandino del altiplano. [8]

La aparición de las casas construidas con fardos de paja está directamente relacionada, con la invención de la máquina embaladora. En Estados Unidos surgieron varias técnicas constructivas en torno al último cuarto del siglo XIX, periodo en el que se desarrolla la colonización anglosajona hacia el oeste de los Estados Unidos.

En aquella época, los colonos se vieron obligados a construir refugios “temporales”, dado que el material más tradicional para la construcción de casas (madera, piedra) no podía encontrarse con facilidad en las regiones interiores. Para su sorpresa, se dieron cuenta de que los fardos de paja constituían un material muy aislante, fácil de trabajar y barato. Así se explica el registro documentado de más de 70 casas en 1915 y 1940 construidas con avena y paja. [9] Este tipo de construcción cayó en desuso tras la segunda guerra mundial. [10]

Las pacas tienen una mejor capacidad de aislamiento térmico en comparación a la madera, los ladrillos e incluso el adobe. Esta característica es ideal para zonas con clima extremos, ya que se reduce el gasto de energía que requiere enfriar y calentar una construcción. [11]

En el caso de las zonas alto andinas del altiplano, se desconoce las técnicas de construcción con pacas de avena, pues no existe un registro histórico ni antecedente relevante sobre viviendas construidas con pacas de avena.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Marco metodológico**

El tipo de investigación por su finalidad la investigación es aplicada y tecnológica, por el método empleado es no experimental, teniendo un alcance explicativo con una temporalidad de carácter prospectivo.

El nivel de investigación es explicativa por que evalúa la mejora de viviendas rurales a base de pacas de avena y aplicada por plantear una innovación tecnológica artesanal.

La población de la investigación se centra en la mejora térmica de las viviendas de las zonas alto andinas del altiplano Peruano y Boliviano. La muestra de la investigación es de carácter finito, porque se centra en la construcción y evaluación del comportamiento térmico de una vivienda típica a base de pacas de avena.

## 2.2. Materiales

Los materiales utilizados para la investigación son típicos de la zona de estudio, como son las pacas de avena, listones de madera de 2"×1.5"×10.5", calamina metálica galvanizada de 0.14mm×1.8m ×0.8m, concreto simple de  $f'c=140 \text{ kgf/cm}^2$  (13.71 MPa) y pacas de avena forrajera sin semilla y secas.

Para fabricar el concreto simple se utilizó agregado natural de la cantera Yocara Unocolla del río Coata de la región Puno Perú, el cemento utilizado es portland puzolánico Yura tipo IP de 42.5 kg. Producida por Cal & Cemento Sur S.A. Para la medición de la temperatura y humedad se ha usado un Termómetro con cable, higrómetro para Interiores y Exteriores de marca RadioShack. Siendo las características más relevantes su resistencia al agua, con un sensor exterior + 9.8-foot (3m), permite desarrollar lecturas mínimas y máximas de temperatura y humedad que se visualiza en una pantalla LCD de gran formato el cual permite seleccionar las temperatura en grados Fahrenheit o Celsius, el equipo es de fácil instalación en una superficie plana utilizando un soporte o directamente en la pared, el equipo mide la temperatura interior en un rango de  $-0^\circ\text{C}$  a  $50^\circ\text{C}$ , la medida de la temperatura en el rango exterior es de  $-50^\circ\text{C}$  a  $70^\circ\text{C}$ , siendo el rango de la humedad relativa de 20% a 95%. El equipo tiene un peso aproximado de 45.4 gr, el cual funciona con pilas 1AAA, Número de modelo del producto es FBA\_14145452 con ASIN: B01AML3IR8 el producto fue adquirido de Amazon.com.mx en el mes de junio de 2018,

## 2.3. Localización de la construcción de la vivienda

La construcción de la vivienda típica a base de pacas de avena se ha edificado en la provincia de San Román, distrito de Juliaca el cual está localizado en el altiplano peruano a siete km del lago Titicaca. Juliaca es la primera en el Perú entre las ciudades con más de 300 000 habitantes. De los cuales un promedio del 50% de habitantes vive en viviendas construidas a base de adobe.

La vivienda construida está ubicada a  $15^\circ33'14.0''\text{S}$   $70^\circ06'54.2''\text{W}$  sobre los 3830m.s.n.m. En el piso altitudinal de puna baja. Consecuentemente, por su altitud Juliaca es la ciudad 45ava más alta en el mundo y la 11ava ciudad más alta en el Perú.

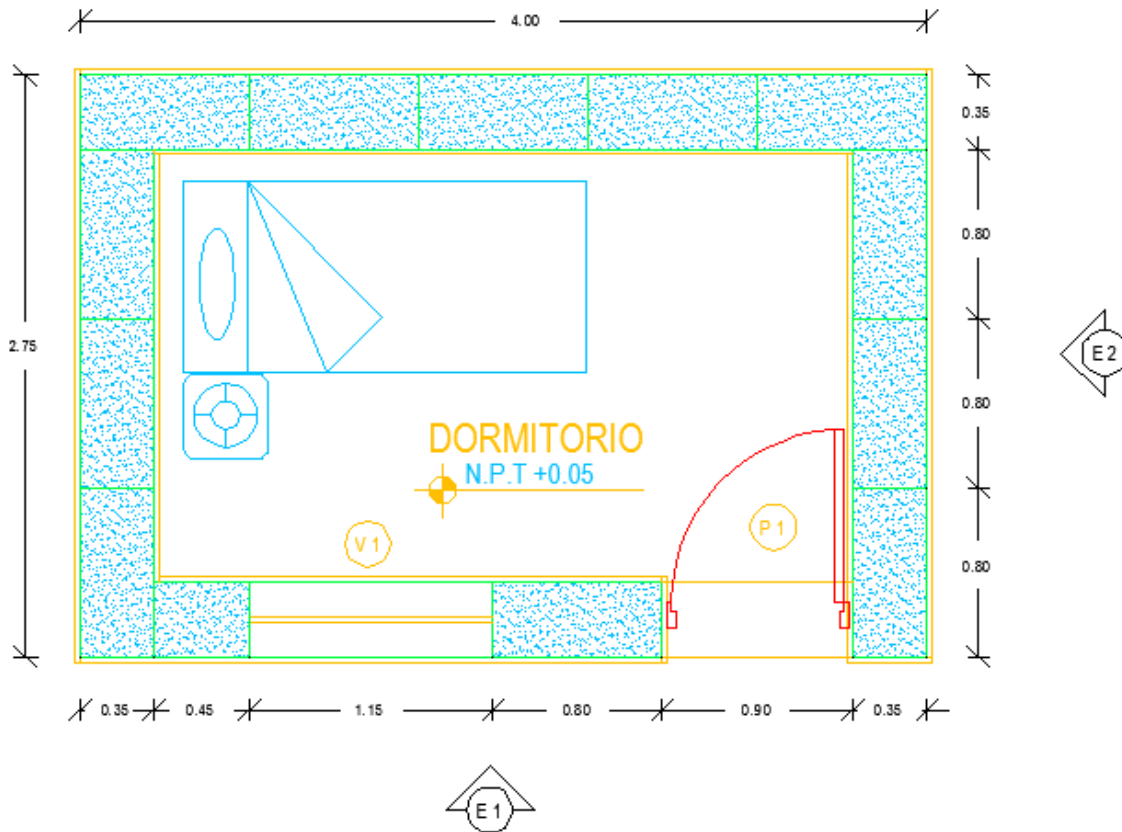
Por su localización altitudinal la ciudad de Juliaca, el clima es frígido y subhúmedo con temperaturas medias anuales de  $11^\circ\text{C}$ , con una temperatura máxima de  $17,5^\circ\text{C}$  y una temperatura mínima de  $0,6^\circ\text{C}$ ; en la ciudad de Juliaca el mes de noviembre es el mes más cálido con una temperatura de hasta  $18,2^\circ\text{C}$ , el mes de junio se caracteriza por ser la más frío con temperaturas de  $-4,6^\circ\text{C}$ , en la ciudad de Juliaca se producen precipitaciones medias anuales de 605 mm, obtenidas en 45 años desde 1962-2007. Con índice de termicidad de 226 en base a estos dos parámetros temperatura y pluviosidad la ciudad de Juliaca es clasificada como supra tropical-subhúmedo.

## 2.4. Diseño y construcción de la vivienda con pacas de avena

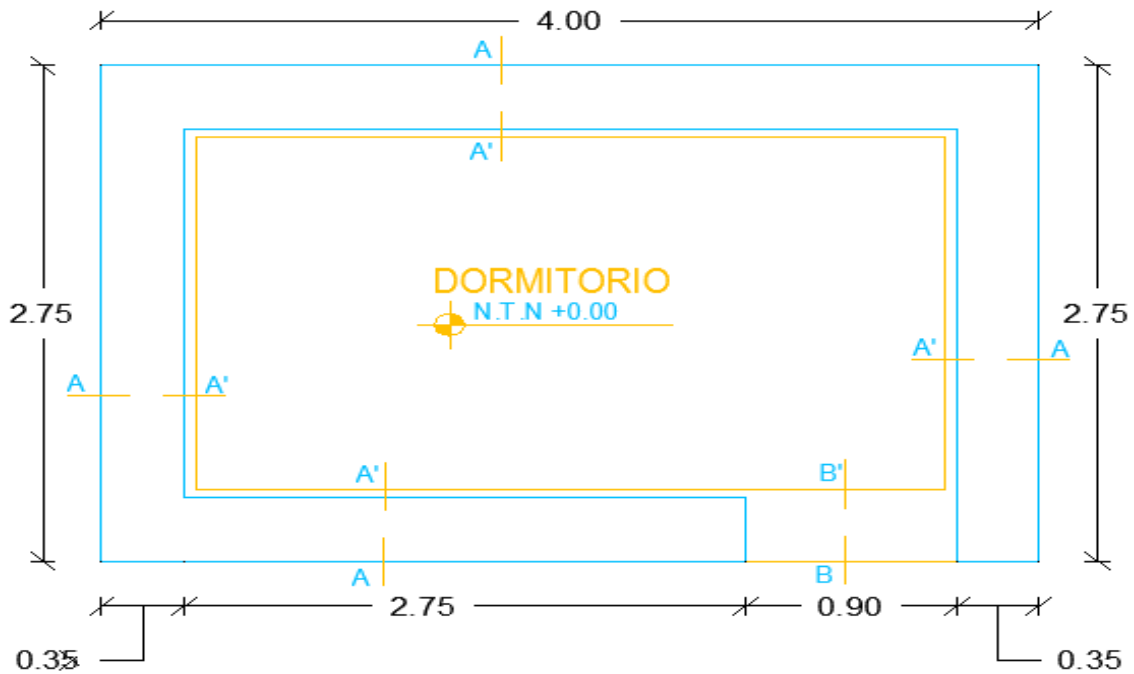
### ▪ Diseño de la vivienda

El proceso constructivo se inició en base a los cálculos previos y planos que se muestran en las Figuras 1 y 2.

La vivienda tiene un área en planta de  $11.00\text{m}^2$ , el cual es un área promedio de las viviendas típicas del altiplano, el poblador de la zona alto andinas construye en sus diferentes parcelas donde estacionalmente habita mientras existan recursos para sus animales. Por lo tanto esta vivienda es adecuada por sus facilidad de construcción y económica por usar recursos propios de la zona.

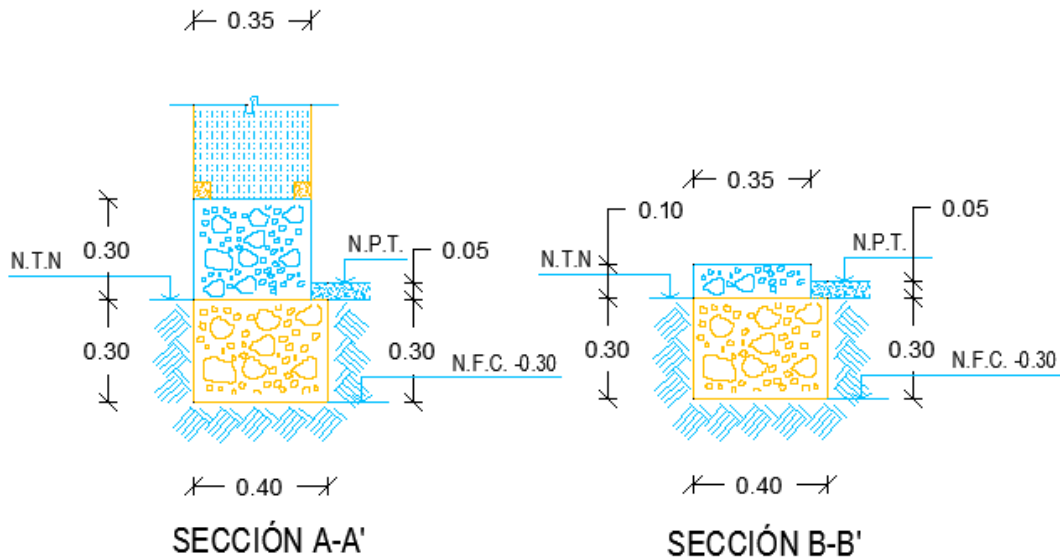


**Figura 1:** Plano en planta de la vivienda propuesta a base de pacas de avena.



**Figura 2:** Detalle en planta del cimiento corrido de la vivienda propuesta a base de pacas de avena.

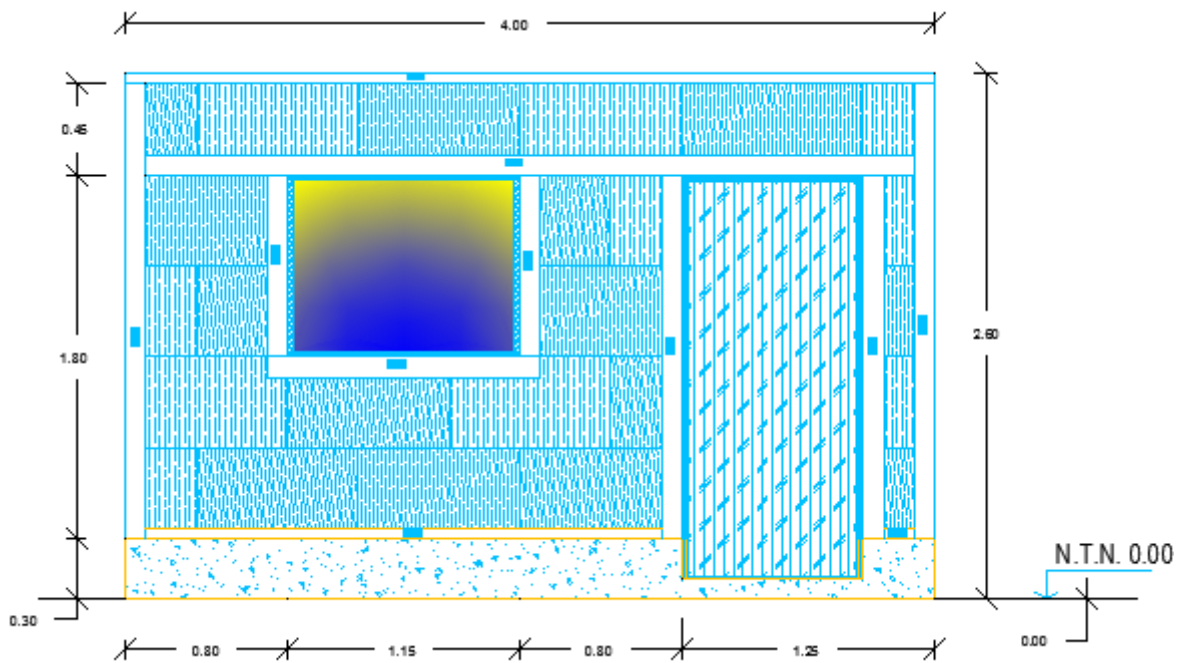
La cimentación corrida de la vivienda construida a base de pacas de avena, tiene la particularidad de que el ancho debe ser igual al ancho de la paca de avena a nivel del sobre cimiento, tal como se observa en la Figura 3.



**Figura 3:** Detalles de la sección transversal de los cimientos corridos de la vivienda propuesta a base de pacas de avena.

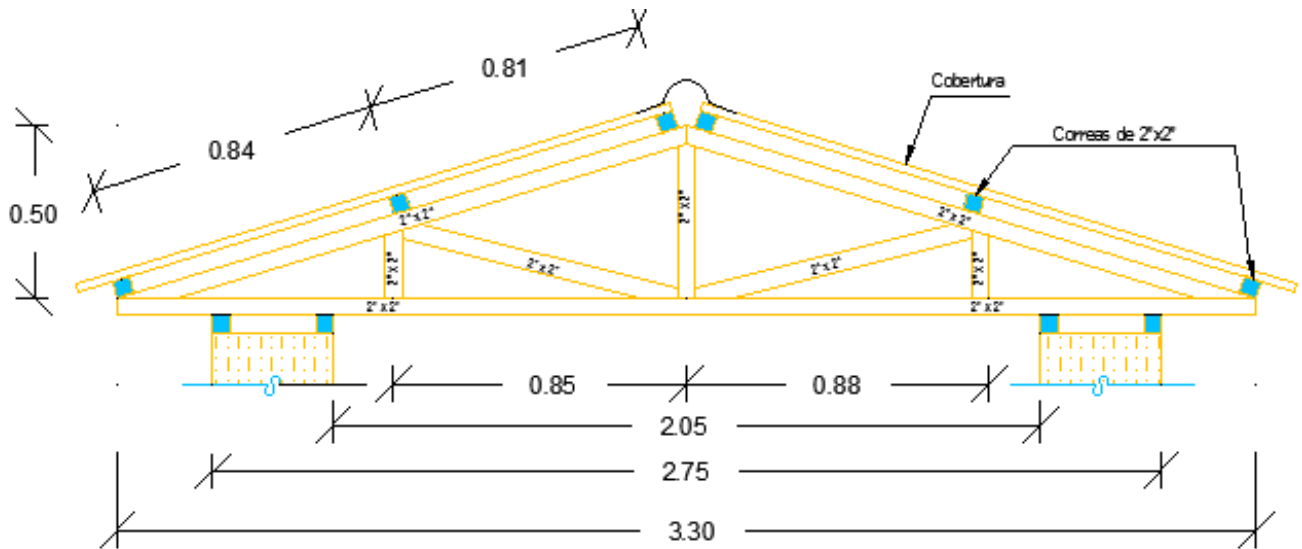
La vivienda construida a base de pacas de avena no tiene un peso considerable, por lo tanto, las dimensiones observadas son más con el fin de proteger a la vivienda contra agentes ambientales propios de la zona, como son las lluvias que producen humedad que pueden afectar a las pacas de avena.

La vivienda a base de pacas de avena en promedio tendrá una altura de 2.50m, Figura 4, para evitar la pérdida de la temperatura. También se presenta la forma como se deben fijar las pacas de avena, para garantizar la estabilidad y rigidez de la vivienda, anclando adecuadamente las pacas de avena a la armadura.



**Figura 4:** Detalle de elevación de la vivienda propuesta a base de pacas de avena.

La cobertura de la vivienda se ha calculado en función a la carga viva estipulada por la norma técnica de edificaciones E-020. Considerando la pendiente mínima del techo. Con cobertura de calamina el cual se puede sustituir con la paja que es propio de la zona, Figura 5.



**Figura 5:** Detalle de la armadura de madera de la vivienda propuesta a base de pacas de avena.

▪ **Proceso constructivo**

Con los diseños definidos se ha procedido a construir la vivienda a base de pacas de avena, Figura 6. El cual inicia con las obras preliminares que se detallan a continuación.

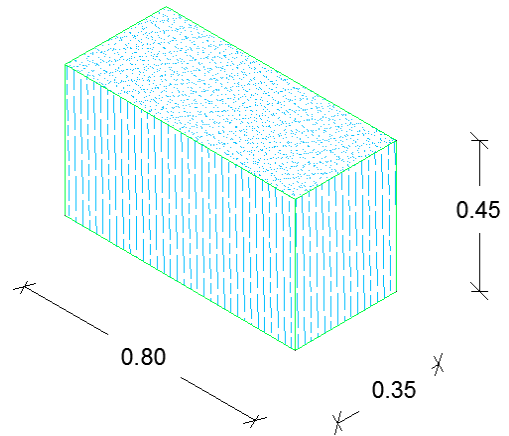


**Figura 6:** Trazo, replanteo, excavación y encofrados del sobre cimiento.

Se observa el trazo, replanteo y la excavación del cimiento corrido. Para el cual se ha desarrollado una excavación de la zanja con una profundidad según los detalles de los planos.

Después de desencofrar el sobre cimiento se inició con la colocación de las pacas de avena el cual es apilado sobre la estructura de fundación de la vivienda, Figura 7, en esta etapa es importante cuidar las tiras de sujeción de las pacas las cuales deben estar tensionados, para ayudar a conservar la compactación de las pacas de avena.





**Figura 7:** Dimensión de la paca de avena y colocación en reemplazo de muros.

Una vez fijado adecuadamente las pacas de avena se procede al montaje de la armadura de madera, Figura 8, los cuales se fabricaron según la norma técnica de edificaciones del Perú E-010 estructura de madera y E-020 normatividad de cargas, sobre las armaduras se ha fijado adecuadamente las calaminas.



**Figura 8:** Montaje de la armadura y colocación de la calamina sobre la vivienda.

Finalmente se procedió a recubrir los muros con una mezcla de arcilla y arena según los lineamientos de la NTE E-080, Figura 9. La finalidad del recubrimiento fue de proteger a la paca de avena contra agentes ambientales y el fuego.



**Figura 9:** Recubrimiento del muro con barro sobre las pacas de avena con barro.

### ▪ Presupuesto y cronograma de ejecución

El proceso constructivo de la vivienda ha tenido una duración de tres días con jornadas de ocho horas de trabajo con una cuadrilla de 01 operario y 03 peones, con un costo total de \$ 600 dólares americanos. La vivienda finalmente ha terminado según la fotografía mostrada, en el cual se procedió a medir las temperaturas y humedad producida en la vivienda.



**Figura 10:** Vivienda construida con pacas de avena concluida.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Temperaturas registradas en la vivienda de pacas de avena

Para evaluar la temperatura y el porcentaje de humedad en la vivienda construida a base de pacas de avena, se ha desarrollado las respectivas mediciones de la temperatura y porcentaje de humedad durante 21 días durante el periodo del 14 de octubre al 3 de noviembre del 2019, se ha procedido medir en estas fechas puesto que la vivienda se ha construido los días 10, 11 y 12 de octubre del año 2019.

La medición de la temperatura y el porcentaje de humedad se realizaron al interior y exterior de la vivienda construida con pacas de avena, en horas de mañana a las 5:00A.M. y luego en horas de la noche a la 7:00P.M, Tabla 1.

Según la Tabla 1: Las temperaturas en el interior de la vivienda construida a base de pacas de avena, a las 5:00 A.M., se registró una temperatura mínima de 9.7°C. En el horario nocturno a las 7:00P.M., se ha registrado una temperatura mínima de 17.5°C, Siendo la temperatura máxima registrada a las 5:00A.M., de 10.1°C en el horario nocturno a las 7:00P.M., se ha registrado una temperatura máxima de 18.3°C. En La vivienda se produce una perdida máxima de temperatura de 8.6°C, entre las 7:00P.M., a las 5:00A.M.

Según la Tabla 1: Con respecto a los registros de temperatura en el exterior de la vivienda se tiene una temperatura mínima de 0.1°C, a las 5:00A.M., a las 7:00P.M., la temperatura mínima es de 8.70°C, una variación de temperatura de 8.6°C. La temperatura máxima registrada a las 5:00A.M. es de 1°C y la temperatura máxima registrada a las 7:00P.M. es de 10.20°C, una variación de 9.2°C. Con los registros se evidencia que la temperatura promedio en horas de la mañana es 9.2°C y en el horario nocturno es de 9.67°C siendo el promedio de 9.12°C en el exterior de la vivienda.

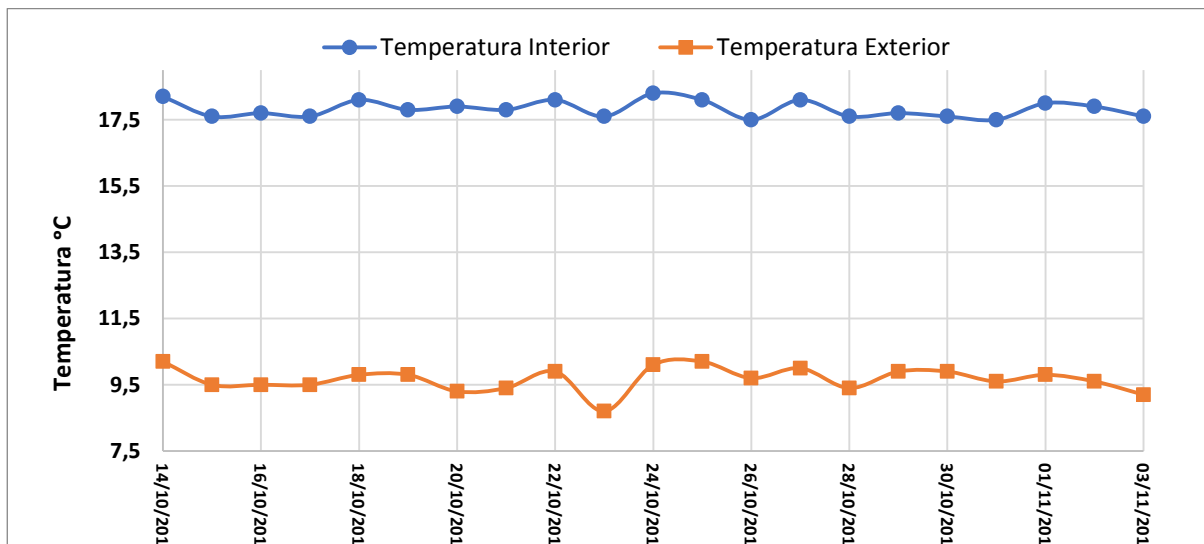


**TABLA 1 - TEMPERATURAS Y PORCENTAJE DE HUMEDAD MEDIDOS AL INTERIOR Y EXTERIOR DE LA VIVIENDA A BASE DE PACAS DE AVENA**

Día	MEDICIÓN AL INTERIOR				MEDICIÓN AL EXTERIOR	
	TEMPERATURA °C		% HUMEDAD		TEMPERATURA °C	
	5:00 AM	7:00 PM	5:00 AM	7:00 PM	5:00 AM	7:00 PM
1	9.8	18.2	44	40	0.2	10.2
2	9.9	17.6	46	42	0.9	9.5
3	9.8	17.7	45	39	0.6	9.5
4	9.7	17.6	47	41	0.3	9.5
5	10.1	18.1	44	42	0.3	9.8
6	9.8	17.8	45	41	0.5	9.8
7	10.1	17.9	46	43	1	9.3
8	9.9	17.8	47	40	0.1	9.4
9	9.8	18.1	45	41	0.6	9.9
10	9.9	17.6	44	42	0.2	8.7
11	10.1	18.3	46	39	0.8	10.1
12	9.7	18.1	47	41	0.5	10.2
13	10	17.5	44	39	0.7	9.7
14	9.9	18.1	46	41	0.5	10
15	10.1	17.6	44	39	0.7	9.4
16	10	17.7	47	40	0.7	9.9
17	9.8	17.6	46	39	0.4	9.9
18	9.8	17.5	45	40	0.5	9.6
19	9.9	18	45	40	0.7	9.8
20	9.9	17.9	47	42	0.8	9.6
21	10	17.6	44	41	0.4	9.2

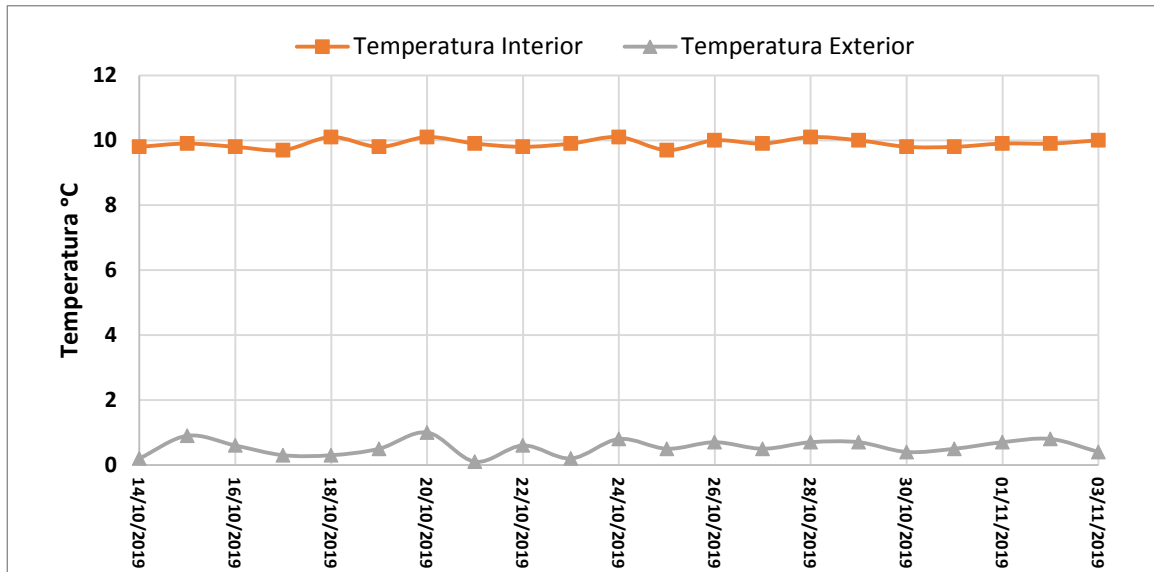
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11 se representa la variación diaria de temperaturas, entre el interior y exterior de la vivienda construida a base de pacas de avena. En el horario nocturno de las 7:00P.M., la temperatura promedio registrada en el interior de la vivienda es 17.82°C y en el exterior es de 9.67°C.



**Figura 11:** Variación de temperaturas en el interior y exterior de la vivienda construida con pacas de avena a las 7:00P.M. entre el 14/10/2019 al 03/11/2019.

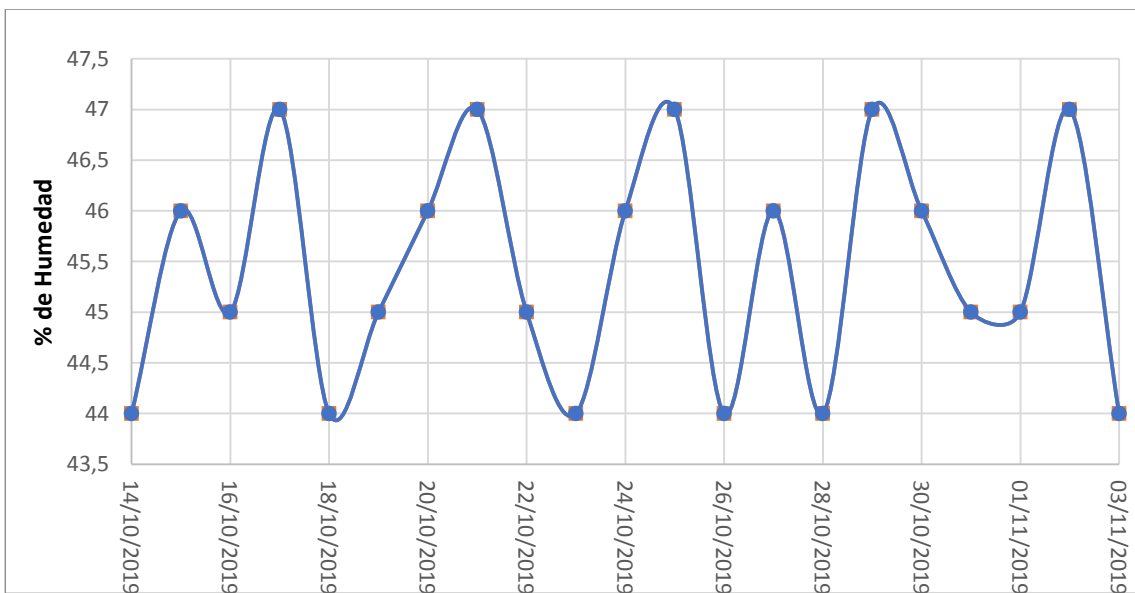
En la Figura 12 se representa el registro diario de las temperaturas a las 5:00 A.M. En el interior de la vivienda la temperatura promedio es 9.9°C y en el exterior de la vivienda es de 0.54°C.



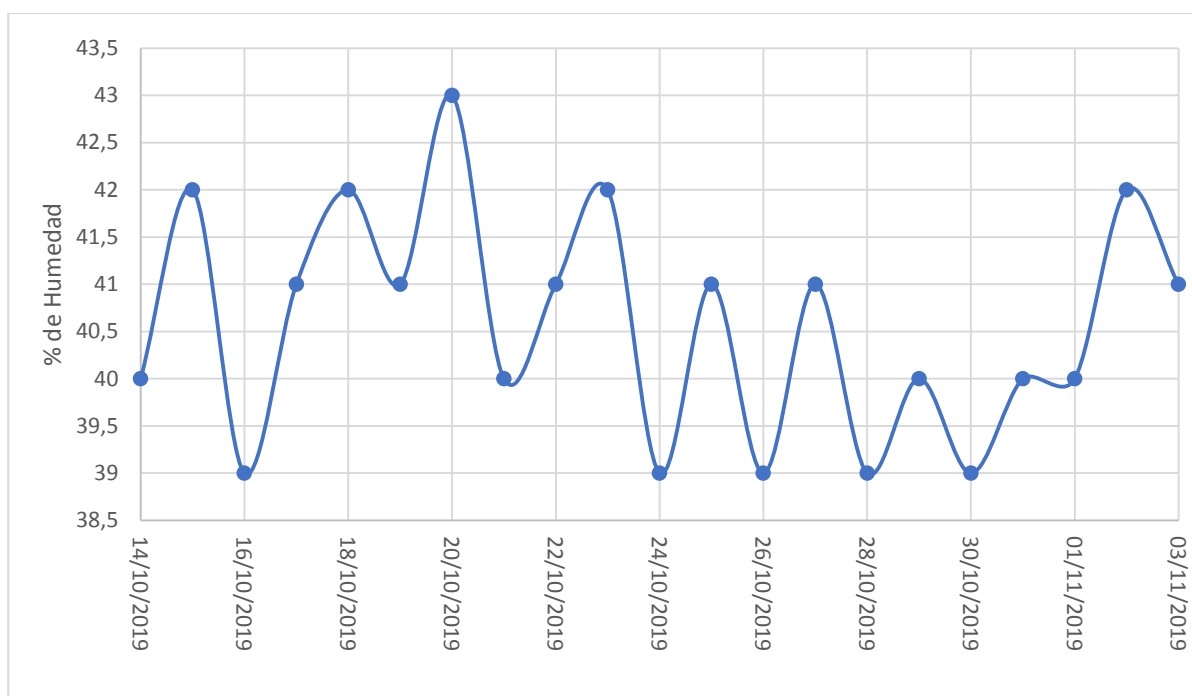
**Figura 12:** Variación de temperaturas en el interior y exterior de la vivienda construida con pacas de avena a las 5:00A.M. entre el 14/10/2019 al 03/11/2019.

### 3.2. Porcentaje de humedad registradas en la vivienda de pacas de avena

La humedad mínima registrado durante los días de registro en la vivienda construida a base de pacas de avena a las 5:00A.M. es de 44% y las 7:00P.M. se ha registrado un 39%, Figura 13. El cual representa una variación de la humedad dentro de la vivienda de 5%. Con respecto a la humedad máxima se tiene registro de 47% a las 5.00A.M. En horas de la noche se ha registrado 43%, el cual representa una variación máxima de la humedad de 4%. La humedad promedio en la vivienda a las 5:00A.M. es 45.43% y durante el horario nocturno de las 7:00P.M. se tiene 40.57%, siendo la variación de la humedad de 4.86%. La humedad se presenta en horas de la mañana pero se mitiga esta variación con el uso de las pacas de avena lo cual hace más confortable la habitabilidad de la vivienda.



**Figura 13:** Porcentaje de humedad registrado en la vivienda construida con pacas de avena a las 5:00A.M. entre el 14/10/2019 al 03/11/2019.



**Figura 14:** Porcentaje de humedad registrado en la vivienda construida con pacas de avena a las 7:00P.M. entre el 14/10/2019 al 03/11/2019.

### 3.3. Discusión

En el estudio desarrollado por Cuellar [12] sobre acondicionamiento térmico de viviendas sometidas a heladas en viviendas típicas de adobe, en el mes de octubre del año 2017 en la región Puno Perú se registró una temperatura mínima absoluta de 8.6°C al interior de una vivienda típica de las zonas alto andinas. En la vivienda construida a base de pacas de avena se ha registrado una temperatura mínima de 9.7°C, que representa un margen a favor de esta vivienda de 1.1°C, aportando positivamente al confort térmico de los pobladores de las zonas alto andinas.

En la investigación sobre confort térmico de Guardia [13], se reporta que una vivienda alto andina provisto de un sistema aislante fabricado con materiales reciclados, presentó una temperatura mínima 7.8°C a las 5:00 A.M. En la vivienda construida con pacas de avena la temperatura es mayor de 1.9°C, resultando esta vivienda más habitable en las zonas altoandinas.

Según el estudio desarrollado por Pipiraite [14], la humedad y el agua siempre han sido un enemigo para el ser humano, a pesar de ser un elemento importante para vivir, ya que un ambiente demasiado húmedo afecta nocivamente la salud humana al favorecer el desarrollo de gérmenes nocivos y hongos. En la vivienda construida a base de pacas de avena se tiene una humedad máxima de 47%, ayudando a mitigar enfermedades virales respiratorias. Cuellar [12] ha determinado que la viviendas rurales de la zona alto andina registran una humedad relativa de 78.7%.

## 4. CONCLUSIONES

En las viviendas de las zonas alto andinas, la temperatura en el interior disminuye al producirse temperaturas bajas, este descenso es de mayor intensidad durante los periodos de heladas. En esta investigación se propone como una alternativa una vivienda construida a base de pacas de avena, recurso disponible en abundancia en la región alto andina.

La evaluación térmica de la vivienda construida a base de pacas de avena, muestra un mayor confort térmico en estas viviendas con respecto a la vivienda tradicional del altiplano en 1.1°C. Según los registros desarrollados durante 21 días en el mes de octubre del año 2019, se ha medido a las 5:00A.M. en el exterior de la vivienda una temperatura mínima aproximada de 0.1°C y en el interior de la vivienda construida con pacas de avena una temperatura mínima de 9.7°C.

Este valor es superior en 1.1°C a una vivienda típica de la zona alto andina. A las 7:00 P.M., al exterior la temperatura alcanza un valor mínima de 8.7°C y un valor máxima de 10.2°C; en cambio, al interior de la vivienda construida a base de pacas de avena se registra una temperatura mínima de 17.5°C y una temperatura máxima de 18.3°C.

Con respecto a la humedad, en la vivienda construida a base de pacas de avena el valor máximo registrado a la 5:00 A.M es 47% y las 7:00 P.M. es de 43%. La construcción de las viviendas con pacas de avena permite disminuir la humedad al interior de la vivienda, de esta manera, el poblador alto andino se encontraría menos expuesto a enfermedades respiratorias y el interior de la vivienda resulta más confortable y menos expuesto a las inclemencias climáticas de la zona.

En la investigación se demuestra que la construcción de la vivienda a base de pacas de avena es viable económicamente, puesto que se usa insumos y materiales propios de las zonas alto andinas. Por otra parte, la construcción de viviendas a base de pacas de avena no requiere de mano de obra calificada.

Para completar este trabajo, se debe estudiar la vivienda a base de pacas de avena en la temporada de friaje en la zona alto andina, los meses de mayo a julio, y comparar con una vivienda típica respecto al comportamiento térmico y la humedad. Se deben estudiar otros aspectos como la mejora en su ubicación y la mejora tecnológicamente de las viviendas construidas a base de pacas de avena.

## 5. REFERENCIAS

- [1] «Andina Agencia Peruana de Noticias,» 7 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-construiran-606-casas-rurales-para-enfrentar-heladas-puno-cusco-y-huancavelica-709195.aspx>.
- [2] D. Casado, «Sitio Solar.com portal de energias renovables,» 4 Enero 2010. [En línea]. Available: <http://www.sitiosolar.com/la-construccion-de-casas-con-balas-de-paja/>.
- [3] SENAMHI, «SENAMHI,» 8 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=heladas-y-friajes-preguntas>. [Último acceso: enero enero 2019].
- [4] C. Cisneros, «FONDECYT,» 13 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.cienciactiva.gob.pe/ciencia-al-dia/cientificos-utilizan-tecnicas-naturales-para-mejorar-la-produccion-del-frijol-peruano-3>.
- [5] L. Harman, «CARE,» 10 Agosto 2010. [En línea]. Available: <https://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/confort-termico-en-viviendas-altoandinas-un-enfoque-integral1.pdf>.
- [6] I. R. Torres, «Estudio y análisis de la construcción con balas de paja,» *Universitat Politècnica de València*, vol. I, julio 2014.
- [7] G. M. C. Gómez, «Las heladas en el Perú y en el mundo,» Huancayo, 2010.
- [8] G. Fuentes, «INIAP-82: Nueva Variedad de Avena de Doble Proposito,» *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*, p. 1, 1984.
- [9] M. Revuelta, «Construccion con balas paja en la UAX,» 7 Julio 2015. [En línea]. Available: <https://construccionbalasdepajauax.wordpress.com/2015/07/07/un-poco-de-historia/comment-page-1/>.
- [10] G. Lamache, «Red de construcción con paja,» *La Science et la Vie*, p. 56, 1921.
- [11] SEMARNAT, «Transferencia de tecnología y divulgación sobre técnicas para el desarrollo humano y forestal sustentable,» *Tecnologías alternativas para el uso eficiente de recursos*, vol. I, p. 16, 2008.
- [12] J. N. Cuellar Cahahuaringa, «Estudio para el acondicionamiento térmico de viviendas sometidas a heladas. Caso: Centro poblado de Santa Rosa (Puno),» UNALM, Lima, 2017.
- [13] C. M. Guardia, «Confort Térmico Un sistema aislante para la vivienda alto andina fabricado con materiales reciclados,» *Modul. Arquít. CUC*, vol. 18, n° 1, pp. 73-90, 2017.
- [14] T. Pipiraite, «Humedades en edificación. estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas,» Universidad Politécnica de Valencia, España, 2017.

