

Medición de temperatura e humidade do módulo bioclimático

B. Viso Romero*, S. Fernández-Trujillo Lamas

*98braso@gmail.com

IES As Lagoas, Rúa Blanco Amor, 2, 32004 Ourense

RESUMO

Durante o período establecido logrouse elaborar, sistematizar e colocar un equipo para medir e analizar o comportamento bioclimático da vivenda pasiva que se construíu ao longo do curso 2021-2022 no IES As Lagoas de Ourense. Dito módulo foi edificado para cumprir coas bases da bioconstrución e a arquitectura solar pasiva. O obxectivo principal deste proxecto foi verificar e confirmar que a construción se realizou de maneira correcta e cumpre con éxito a súa capacidade como illante térmico, ademais de acadar niveis internos óptimos de temperatura, humidade ou iluminación, entre outros. Deste xeito, constataríase a bioconstrución dunha vivenda pasiva que presenta uns niveis internos ideais para a vida humana e que non precisa apenas de enerxía térmica artificial achegada de forma externa para manter a temperatura da casa.

Palabras Clave: Bioconstrución, vivenda pasiva, análise do comportamento bioclimático.

1. Introducción

Ao longo do período 2019-2022 levouse a cabo, no marco do STEMBach do IES As Lagoas, o deseño e edificación dun módulo bioclimático no patio do instituto co obxectivo de poder realizar futuros proxectos de investigación nos anos vindeiros. Este módulo cumpre cos requisitos da bioconstrución, é dicir, unha edificación sostible co medio ambiente, co uso de materiais ecolóxicos de baixo impacto medioambiental, e a creación de ambientes interiores (de humidade, temperatura, iluminación e acústica) óptimos e cuxo gasto enerxético de construción sexa mínimo.

Para logralo seguíronse unha serie de pasos. En primeiro lugar, a edificación dunha planta rectangular con proporción 10:14m, para unha maior eficiencia enerxética e unha orientación da fachada en sentido de norte a sur para captar a maior cantidade posible de horas de luz solar (Figuras 1 e 2).

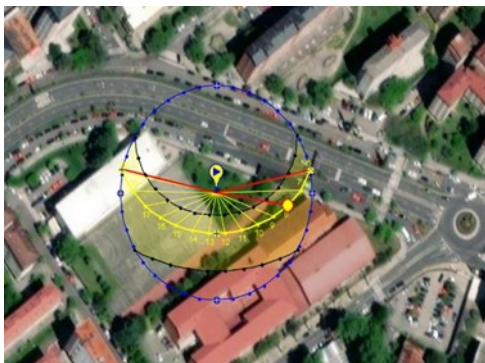


Figura 1. Orientación do módulo bioclimático.



Figura 2. Fachada do módulo bioclimático.

En segundo lugar, todos os materiais empregados foron de baixo impacto ambiental. Para a estrutura das paredes empregouse un bloque de Cannabric (BTC), un material vexetal feito a base de cânabo procedente de Granada (Figura 3).



Figura 3. Bloque de Cannabric (BTC) empregado na construción das paredes.

O morteiro para pegar os bloques preparouse con cal hidráulica natural NHL5 (Figura 4) que é un gran substituto ecolóxico para o cemento industrial. Para as vigas e máis o teito utilizouse madeira laminada de piñeiro radiata (Figura 5), que é unha especie autóctona da Cordilleira Cantábrica. Finalmente, para un bo illamento, usáronse paneis de cortiza tostada (Figura 6).



Figura 4. Cal Hidráulica NHL5 empregada para pegar os bloques de Cannabric.



Figura 5. Madeira Piñeiro Radiata empregada nas vigas e no teito.



Figura 6. Cortiza tostada empregada para o illamento.

Todos estes materiais son eleccións moito máis ecolóxicas respecto á construción tradicional. Son, ademais, elementos de baixo impacto medioambiental e, tamén,

materiais locais, o que consegue que a pegada de carbono sexa mínima.

Por último, unha característica fundamental na busca dun confort interno do módulo foi a elaboración dun eficiente illamento en todos os sistemas do módulo. Comezando pola soleira, que é o elemento máis convencional de toda a casa xa que, a día de hoxe, a bioconstrución non outorga unha alternativa para a base dunha edificación, por enriba do chan botouse grava para pór unha capa de polietileno dun milímetro de grosor seguido dunha malla de electrosoldado (20x20x6m) para rematar co formigón (Figura 7).



Figura 7. Soleira da vivenda.

En canto ao cerramento (Figura 8), de dentro cara fóra, púxose primeiro unha lámina EPDM seguida dunha previsión de zócolo para a protección fronte á humidade. Posteriormente, pegáronse os bloques de cannabric co morteiro de cal e cerámica de barro para despois poñer os paneis de cortiza de 15 centímetros. Preparouse unha última capa de morteiro cunha malla en fibra de vidro e finalizouse cun recebo de revestimento en cor.

Na cuberta, a continuación das vigas laminadas GL-32 de piñeiro radiata, púxose tamén un panel de cortiza (de 20 centímetros de grosor), seguido dunha tarima de piñeiro radiata de 30 milímetros. Despois, botouse un recheo de grava e area para colocar unha capa xeotéxtil de protección e impermeabilización seguida dunha lámina nodular de drenaxe de EPDM. Por último, remátase cunha capa de terra sobre a que irá vexetación de forma natural.



Figura 8. Cerramento e estrutura das paredes.

Un esquema de todo o sistema preséntase na figura 9.

Todo este conxunto de elementos confírenlle á estrutura do módulo o illamento necesario para manter no interior uns niveis de temperatura e humidade ideais. Para comprobar esta afirmación na práctica, colocáronse uns sensores para medir estas variables tanto no interior como no exterior da bioconstrución, e conectáronse a un programa informático que gardou estes datos de xeito continuo coa finalidade de analizalos e comparalos coa información ofrecida pola estación meteorolóxica de Meteogalicia (www.meteogalicia.gal) en Ourense. Deste xeito, a idea é comprobar que a realización deste módulo bioclimático foi moi eficiente e cumpriu todos os obxectivos propostos.

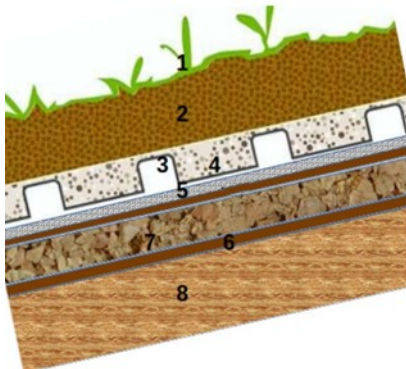


Figura 9. Díptico da cuberta da bioconstrución.

2. Metodoloxía

Para a realización deste proxecto usáronse tres sensores de temperatura e humidade

colocados tanto no exterior como no interior da bioconstrución. Realizouse un circuíto electrónico cableado nunha placa protoboard, que se uniu á controladora Raspberry Pi e aos sensores xa comentados. Os datos recolléronse ao longo de dous meses (entre febreiro e abril) cada 10 minutos e almacenáronse na controladora. Para isto programouse un programa en Python que recolle os datos e os almacena na controladora para a súa posterior análise. As medicións almacenáronse na Raspberry Pi para o seu posterior tratamento. O diagrama de bloques do proceso é o que se indica a continuación na Figura 10, e se comentou en detalle.

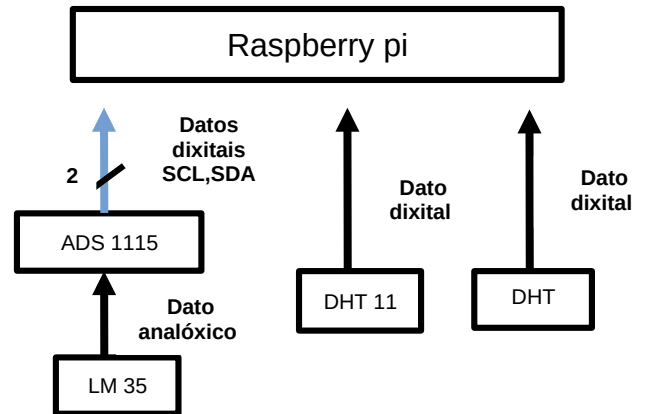


Figura 10. Diagrama do circuíto.

Empregáronse dous sensores, o LM35 de temperatura e o DHT11 de temperatura e humidade. Situamos no exterior, na parte posterior da construción e baixo cuberta un

DHT11; no interior situamos un DHT11 e un LM35.

2.1 LM35

O sensor de temperatura LM35 proporciona unha voltaxe de saída que varía de forma lineal coa temperatura. Non necesita calibración, proporciona unha voltaxe de saída de 750 mV a 25 °C e varía linealmente 10mV/°C (Figura 11).



Figura 11. Sensor LM35 v.4.

A relación lineal de temperatura e voltaxe fai que responda cunha expresión moi simple, do tipo $V = 10 \cdot T$, sendo a voltaxe en mV e a temperatura en °C. O equivalente é $T = 0,1 \cdot V$ (Figura 12).

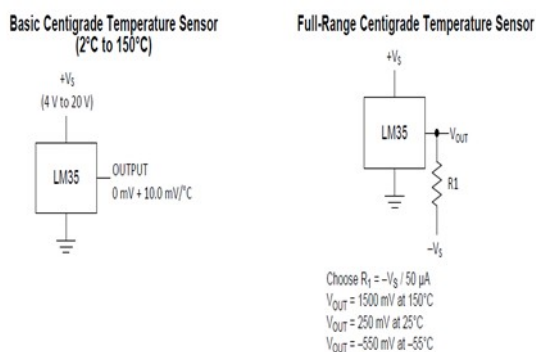


Figura 12. Diagrama Sensor LM35

O sensor LM35 ten tres terminais, dúas de alimentación (5V e GND) e unha de saída de información en Voltios. O sensor encóntrase encapsulado en placa e soldado á placa base, polo que só é preciso unir os cables. No controlador haberá que pasar esta información a graos centígrados sabendo que a 25°C da un resultado de 0,75 V e varía 10 mV con cada grao centígrado de aumento ou baixada de temperatura.

2.2 DHT 11

Este sensor pode medir temperatura e humidade. En particular, mide a temperatura entre 0 e 50°C, cunha precisión de 2° C, e a humidade relativa de 20-80% cunha precisión de 5%. Pode tomar unha mostra por segundo (Figura 13).

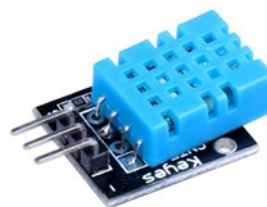


Figura 13. Sensor DHT 11

A conexión é simple, +V e GND, coas correspondentes do microcontrolador e o pin de sinal directamente a unha entrada dixital, pero cunha resistencia de 10 K conectada a +V, como se ve na figura 14.

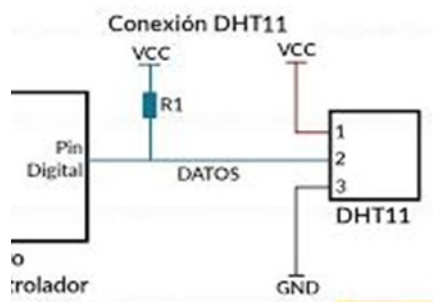


Figura 14. Diagrama conexións DHT 11.

O DHT11 ten unha alta fiabilidade e estabilidade. Pódese obter de dúas maneiras, de forma individual onde só temos o sensor DHT11, ou acoplado nunha PCB. Unha das vantaxes que nos ofrece o DHT11, ademais de medir a temperatura e a humidade, é que é dixital. Este sensor utiliza un pin dixital para enviar a información.

Polo tanto, pártese dun sinal analóxico que logo é convertido en formato dixital e se envía ao microcontrolador. A trama de datos é de 40 bits, correspondente a información de humidade e temperatura do DHT11.

O primeiro grupo de 8-bit é a parte enteira da humidade e o segundo grupo a parte decimal. O mesmo ocorre co terceiro e cuarto grupo, a parte enteira da temperatura e a parte decimal. Por último, os bits de paridade para confirmar que non hai datos corruptos.

Estes bits de paridade o único que fan é asegurar que a información é correcta, sumando os catro primeiros grupos de 8-bit. Esta suma debe ser igual aos bit de paridade (Figura 15).

0011 0101
8 bits humedatad
0000 0000
8 bits humedatad
0001 1000
8 bits temperatura
0000 0000
8 bits temperatura
0100 1001
bits de paridad

Figura 15. Datos analóxicos DHT11.

2.3 Conversor Analóxico: ADS 1115

Transforma os datos analóxicos que recibe do LM35 en datos dixitais, que os envía á Raspberry Pi para que os procese. O ADS1115 (Figura 16) proporciona unha precisión de 16 bits a 860 mostras por segundo.

Ten catro canles de entrada, que se enlazan da seguinte maneira. A2 e A3 recollen os datos que proceden do sensor LM35. Trabállase con 5V que tomamos do controlador.

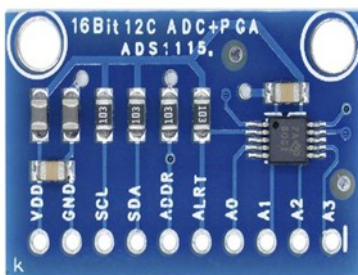


Figura 16. ADS 1115.

A placa ADS 1115, comunícase coa Raspberry e cos terminais SCA / SDL co protocolo I²C, cos correspondentes da Raspberry, que son os GPIO 2 e GPIO 3 (Figura 17).

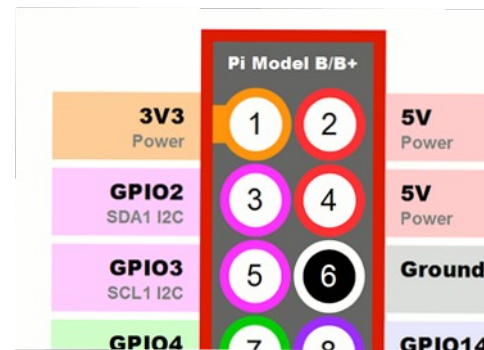


Figura 17. Placa GPIO Raspberry.

2.4 Controladora: Raspberry Pi v.4

A placa Raspberry Pi (Figura 18) é a tarxeta controladora de todo o proceso de medidas, de actuadores e de almacenamento de datos. Ten a capacidade de procesar toda a información que é necesaria e de actuar sobre as entradas e saídas, o que fai que sexa a peza central do proceso.

Proporciona a alimentación dos circuítos de lectura dos sensores e dos compoñentes dixitais e analóxicos (LM35, DHT11 e convesor AD 1115) e recibe a información dos datos do ADS 1115, polos terminais SCA / SDL co protocolo I²C, nos terminais GPIO 2 e GPIO 3.



Figura 18. Placa Raspberry Pi.

3. Datos

Unha vez preparado todo o circuío de sensores e a programación en Python, e máis instalados os sensores fóra e dentro da construción, comezouse a tomar datos da temperatura e da humidade tanto no ambiente interior como no ambiente exterior do módulo. Os datos foron tomados cada 10 minutos durante todo o día, ao longo de case dous meses.

Un dos problemas que se presentaron baséase na existencia de problemas eléctricos, é dicir, nos días nos que a luz se desconecta por fortes temporais ou por inconvenientes no cadro eléctrico do instituto, o circuío reiniciábase e volve a tomar datos dende cero. Porén, tamén se reiniciaba o reloxo dixital que contabilizaba a hora á que eran tomados os datos. Debido a elo, nesas ocasións, a información foi descartada pola falta de exactitude e correspondencia entre uns e outros datos. Deixouse un ordenador no interior da casa conectado ao circuío para facilitar a recuperación de datos, ademais de facer máis fácil o reinicio da medición.

Toda a información rexistrouse automaticamente nunha tarxeta de memoria inserida no mesmo circuío e cada unha ou dúas semanas extraéronse os datos mediante un lapis de memoria. Os datos foron transcritos e procesados para almacenalos de maneira ordenada nunhas follas de cálculo. Unha vez ben organizados os datos, o primeiro que procede é corrixir os posibles erros que

poidan presentarse nas referencias. Por exemplo, un dos sensores colocados no exterior do módulo procesaba, de cando en vez, datos totalmente erróneos sen razón aparente, polo que eses erros valóranse e corríxense para despois analizar os datos correctamente. Cos datos tabulados e comprobados, elaboráronse diferentes gráficos de temperatura (Figuras 19 e 20) e humidade (Figuras 21 e 22) de varios días nos que se contraponen un día moi frío (25 de febreiro) e outro caloroso (18 de febreiro).

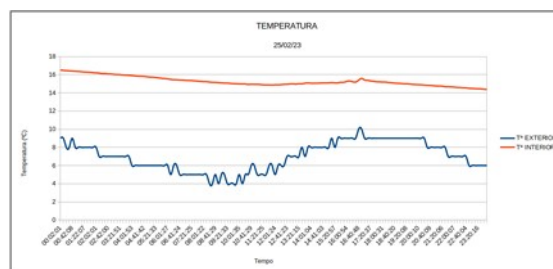


Figura 19. Gráfico da temperatura exterior (azul) e do interior (laranja) do módulo bioclimático nun día bastante frío (25 de febreiro).

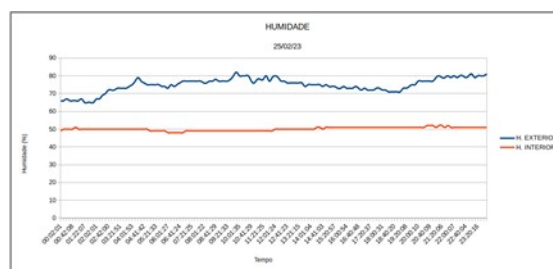


Figura 20. Gráfico da humidade exterior (azul) e do interior (laranja) do módulo bioclimático nun día bastante frío (25 de febreiro).

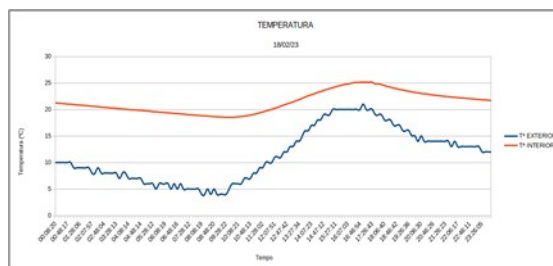


Figura 21. Gráfico da temperatura exterior (azul) e do interior (laranja) do módulo bioclimático nun día bastante caloroso (18 de febreiro).

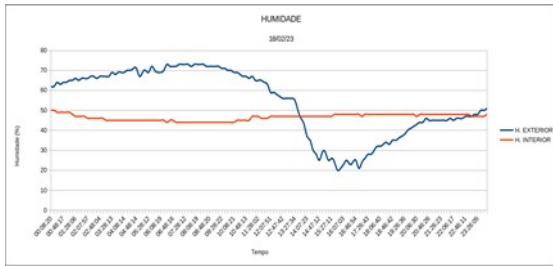


Figura 22. Gráfico da humidade exterior (azul) e do interior (laranja) do módulo bioclimático nun día bastante caloroso (18 de febreiro).

Despois realizouse unha gráfica que representase un intervalo de tempo maior (10 días) para analizar esa evolución na temperatura e na humidade (Figuras 23 e 24).

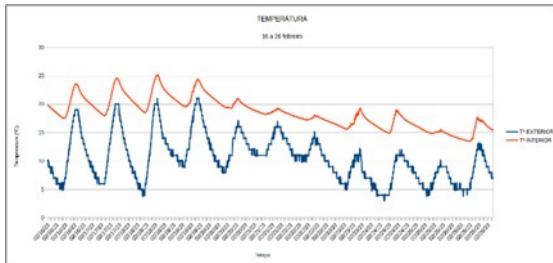


Figura 23. Gráfico da temperatura exterior (azul) e do interior (laranja) do módulo bioclimático no intervalo de 10 días (16 - 26 de febreiro).

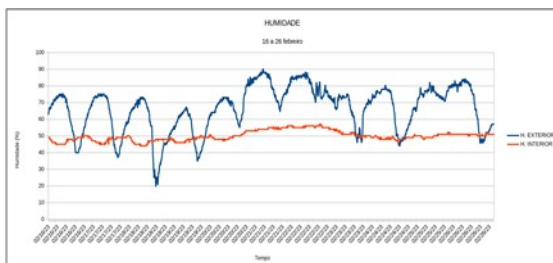


Figura 24. Gráfico da humidade exterior (azul) e do interior (laranja) do módulo bioclimático no intervalo de 10 días (16 - 26 de febreiro).

Con toda esta información analizouse e comprobouse que o módulo cumpre cos requisitos da bioconstrución respecto á súa capacidade como illante térmico.

Ademais, os datos que se obtiveron no exterior do módulo sobre a temperatura e humidade ambiente foron comparados cos datos ofrecidos pola estación de Meteogalicia en Ourense coa intención de verificar a funcionalidade dos sensores (Figuras 25 e 26).

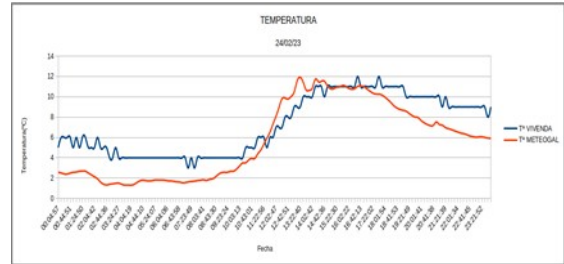


Figura 25. Gráfico comparativo entre a temperatura da vivenda (azul) e da estación de Meteogalicia (laranja) nun día calquera (24 de febreiro).

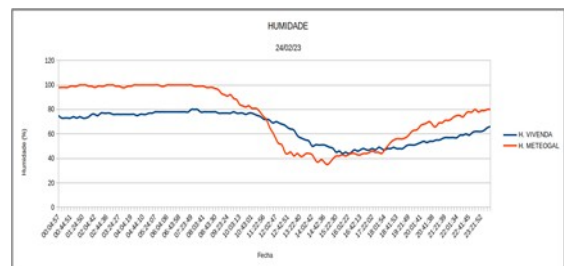


Figura 26. Gráfico comparativo entre a humidade da vivenda (azul) e da estación de Meteogalicia (laranja) nun día calquera (24 de febreiro).

Mediante esta comparativa entre os datos obtidos no módulo e os datos ofrecidos pola estación de Meteogalicia en Ourense pódese analizar e vulgar a funcionalidade dos sensores. A estación encóntrase, aproximadamente, a unha distancia de un quilómetro respecto ao instituto, preto da pista de atletismo localizada máis arriba do Campus Universitario (Figura 27). Polo tanto, a estación meteorolóxica encóntrase nunha localización diferente e a unha altitude maior.



Figura 27. Distancia entre a vivenda pasiva e a estación meteorolóxica de Meteogalicia.

Esta diferenza na posición e na altitude explica nun primeiro lugar a inexactitude entre os datos rexistrados polos sensores do módulo e os datos rexistrados pola estación. Ao situarse ambas estruturas en

lugares distintos é normal que os niveis de humidade e temperatura poidan diferir un pouco, ademais ao situarse a estación meteorolóxica nunha altitude maior é normal que as temperaturas sexan máis frías.

Outro factor que repercutiu no distanciamento dos datos no exterior do módulo foi a posición dos sensores. Estes sensores colocáronse enriba das vigas que sobresaen do teito da casa, polo que quedaron un pouco agochados entre a madeira, tamén coa intención de protexelos fronte aos fortes refachos de vento que puidesen producirse e afectasen á medición dos datos. Esta situación produce as diferenzas nas medicións, xa que os sensores captan con menor intensidade os datos respecto aos rexistros da estación de Meteogalicia.

Aínda así, as disparidades na información non foron moi acentuadas, pódese observar na figura 25 que a desemeillanza na temperatura comprende intervalos máximos de tan só dous ou tres graos centígrados entre os sistemas. En canto á humidade (Figura 26), os datos da vivenda sepáranse en 20 puntos, en picos máximos, respecto as medicións da estación.

En suma, pese a estas inexactitudes numéricas, pódese reparar en que as curvas das gráficas non son diferentes, é dicir, as curvas de ambos estruturas seguen movementos moi similares e os picos desiguais son mínimos. Deste xeito, confírmase o bo funcionamento do sistema de medición na vivenda pasiva.

4. Conclusión

En definitiva, a elaboración do circuío eléctrico e o programa en Python, ademais da instalación de todo o sistema cos sensores, fíxose no prazo esperado. Xa a mediados de febreiro comezouse a estudar o comportamento climático do módulo e, salvo certas ocasións nos que a existencia de problemas técnicos impediu una

medición ininterrompida, esta levouse a cabo ao longo de dous meses, até mediados de abril.

Tendo en conta toda esta información pódese concluír que permanece, tanto no exterior como no interior da vivenda, polo menos un sensor que recolle e traduce información correcta diariamente e durante os intervalos correspondentes. É dicir, pódese afirmar que ambos os dous sistemas, o circuío conectado aos sensores e máis o programa en Python, cumpren as súas funcións con éxito. Ademais, os datos estudados demostran e confirman na práctica a capacidade bioclimática que posúe a vivenda pasiva. En canto á temperatura, dentro do módulo mantense nuns termos ideais todo o tempo, sen cambios bruscos ao longo do día e suavizando tanto a calor como o frío extremos característicos dos parámetros que se presentan no exterior. A humidade tivo un comportamento similar. Fronte a unha forte ou baixa humidade no exterior, no interior mantívose estable arredor dun 50%, unha franxa idónea para o ser humano. Este comportamento climático do módulo tradúcese nunha actuación como illante térmico excepcional, noutras palabras, a súa edificación seguindo as bases da bioconstrución foi un éxito. Isto implica que a vivenda non precisará en demasía dunha achega externa artificial para quentar ou arrefriar o ambiente interno para a súa ocupación.