



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior
en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Macedo Guzmán, Juan Carlos (orcid.org/0000-0001-6548-6767)

Zeballos Mamani, Ruddy Kalia (orcid.org/0000-0001-6091-0784)

ASESOR:

Dr. Quezada Alvarez, Medardo Alberto (orcid.org/0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión del riesgos y adaptación al cambio climático

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a Dios, por darme la fortaleza para afrontar todas las adversidades que se presentaron en la concepción, desarrollo y presentación de la presente tesis.

A mi familia, que por sus consejos, ánimos y asesorías hicieron que nuestra tesis se encamine a su correcto desarrollo. Por estar en los momentos más difíciles que forjaron la persona que soy ahora y por brindarme los conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos diarios profesionales.

A Kalia, por ser una compañera vital que impulsó el no darnos por vencidos.

Juan Carlos Macedo Guzmán

Dedico mi tesis a Dios por no soltar mi mano en ningún momento.

A mis padres, a los dos pilares de mi vida, que me han guiado y apoyado incondicionalmente en todo este proceso.

A mí compañero Juan Carlos por darme fortaleza para no rendirme en los momentos difíciles.

Ruddy Kalia Zeballos Mamani

Agradecimiento

A Dios, por guiarnos en el camino académico a largo de los años.

A nuestras familias, por guiar en nuestra educación profesional, acompañarnos en cada hito logrado y brindarnos el apoyo incondicional necesario.

A la Universidad César Vallejo por la aceptación del proceso de titulación y desarrollo de la presente investigación.

Al Asesor, Dr. Quezada Alvarez, Medardo Alberto por nutrir el proyecto de investigación y tener la paciencia en el desarrollo de esta.

A nuestros consejeros de investigación, Dr. Zeballos Hurtado, Nilton y Mg. Guzmán Loayza, Deysi por las enseñanzas brindadas en el aprendizaje, valoración de los conocimientos obtenidos, por su aporte académico en base a su experiencia y sabiduría investigativa.

A nosotros mismos, por tener la fortaleza necesaria de concluir el objetivo, a pesar de los obstáculos que conllevó el camino.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de gráficos y figuras | vi |
| Resumen | vii |
| Abstract | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA | 11 |
| 3.1. Tipo y diseño de Investigación | 11 |
| 3.2. Variables y operacionalización | 11 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 11 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 11 |
| 3.5. Procedimientos | 12 |
| 3.6. Método de Análisis de Datos | 17 |
| 3.7. Aspectos Éticos | 17 |
| IV. RESULTADOS | 18 |
| V. DISCUSIÓN | 29 |
| VI. CONCLUSIONES | 34 |
| VII. RECOMENDACIONES | 35 |
| REFERENCIAS | 36 |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tipologías de techos de cobertura verde. | 5 |
| Tabla 2. Composición típica de una sección de un techo de cobertura verde. | 7 |
| Tabla 3. Características del techo de cobertura verde extensivo a instalar en el módulo experimental. | 14 |
| Tabla 4. Resultados de la validación de los módulos experimentales. | 18 |
| Tabla 5. Tabla de las temperaturas promedio por hora de la R1. | 20 |
| Tabla 6. Tabla de las temperaturas promedio por hora de la R2. | 22 |
| Tabla 7. Temperatura promedio por hora de R3. | 23 |
| Tabla 8. Temperatura promedio por hora de R4. | 25 |
| Tabla 9. Temperaturas promedio comparadas con la totalidad de repeticiones. | 27 |
| Tabla 10. Resultados de prueba T para muestras independientes. | 28 |
| Tabla 11. Comparación de investigaciones sobre disminución de temperatura con techos de cobertura verde para climas templados y secos. | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Principios físicos de un techo de cobertura verde. | 10 |
| Figura 2. Vista del módulo experimental interior. | 13 |
| Figura 3. Módulo experimental con techo sellado | 13 |
| Figura 4. Componentes de las capas del techo de cobertura verde. | 15 |
| Figura 5. Implementación de capa impermeable y botellas PET. | 15 |
| Figura 6. Implementación de la capa de filtro. | 16 |
| Figura 7. Preparación de 10 cm de tierra de cultivo, compost y cascarilla de arroz para la cubierta vegetativa. | 16 |
| Figura 8. Equipo de medición de temperatura Datalogger DTR-305. | 16 |
| Figura 9. Monitoreo de la temperatura interna con instrumento de medición ubicada en el centro geométrico de los módulos. | 17 |
| Figura 10. Medición de temperatura en °C en el centro geométrico de los módulos experimentales. | 19 |
| Figura 11. Temperaturas promedio por hora de la R1. | 20 |
| Figura 12. Representación del total de datos de la R1 por día. | 21 |
| Figura 13. Temperatura promedio por hora de la R2. | 22 |
| Figura 14. Representación del total de datos de la R2 por día. | 23 |
| Figura 15. Temperatura promedio por hora de la R3. | 24 |
| Figura 16. Representación del total de datos de la R3. | 24 |
| Figura 17. Comparativa de mediciones de temperatura interior de R4. | 25 |
| Figura 18. Representación del total de datos de la R4. | 26 |

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la cobertura verde extensiva en la temperatura interior de un módulo de vivienda de material prefabricado en la ciudad de Moquegua, con un clima templado, árido y con una marcada deficiencia de humedad. Las proyecciones climáticas al 2050 indican un aumento de 2.4 °C a 2.8 °C en la temperatura promedio. La metodología empleada fue de tipo aplicada con un diseño experimental, concebida a dos módulos experimentales con sistemas constructivos similares de madera ranurada y el diseño de un techo de cobertura verde. Se desarrollaron 4 repeticiones de 7 días cada una, con 11 tomas de temperatura diarias en el rango de 08:00 a 18:00 horas. El instrumento de medición fue un Data Logger DTR-305. Para la construcción de la cobertura verde se utilizó como cubierta vegetativa 15 unidades de la especie *Sedum weinbergii*, 10 cm como capa de sustrato, botellas PET como capa de drenaje, membrana geotextil y membrana impermeable. Los resultados se compararon entre mediciones por repetición, contrastando la temperatura interior de ambos módulos y promediando las temperaturas diarias y totales, resultando en una disminución promedio de 2°C en horas de intenso calor (09:00 a 17:00 horas).

Palabras clave: Adaptación, cambio climático, temperatura, módulos de vivienda, techos de cobertura verde, *Sedum weinbergii*.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of extensive green coverage on the interior temperature of a prefabricated housing module in the city of Moquegua, with a temperate, arid climate and a marked humidity deficiency. Climate projections to 2050 indicate an increase of 2.4 °C to 2.8 °C in the average temperature. The methodology used was of the applied type with an experimental design, conceived with two experimental modules with similar constructive systems of grooved wood and the design of a green roof. Four replicates of 7 days each were developed, with 11 daily temperature measurements in the range of 08:00 to 18:00 hours. The measuring instrument was a Data Logger DTR-305. For the construction of the green cover, 15 units of *Sedum weinbergii* species were used as vegetative cover, 10 cm as substrate layer, PET bottles as drainage layer, geotextile membrane and impermeable membrane. The results were compared between measurements per repetition, contrasting the interior temperature of both modules and averaging the daily and total temperatures, resulting in an average decrease of 2°C in hours of intense heat (09:00 to 17:00 hours).

Keywords: Adaptation, climate change, temperature, housing modules, *Sedum weinbergii*

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una referencia a una variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, persistiendo en sus propiedades y por periodos prolongados. Este cambio es atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que altera la composición de la atmósfera en general (IPCC, 2018, p. 75).

Por ello la humanidad experimenta un cambio dramático en la expansión de viviendas urbanas por el crecimiento económico y cambios demográficos de los habitantes, más del 95% del incremento neto del aumento global poblacional serán en ciudades de países desarrollados (Grimm et al, 2008, p. 756). En conjunto a este incremento demográfico, Wang (2022, p. 1) afirma que el cambio climático afecta directamente a las ciudades o ecosistemas urbanos ya que los peligros relacionados con el clima severo y desastres naturales deben ser atendidos por la resiliencia climática.

Según el Plan Nacional de Adaptación (PNA) el Perú es uno de los territorios con mayor vulnerabilidad al cambio climático, por la presencia de 07 características de territorios vulnerables: zonas costeras bajas, áridas y semiáridas, zonas expuestas a sequías e inundaciones, desertificación y expuestas a desastres, lugares con contaminación atmosférica urbana y zonas dependientes de la extracción de combustibles fósiles, a esto se suma las alteraciones del sistema climático debido a los cambios de temperatura media por las condiciones de sequías prolongadas (MINAM, 2021, p. 17).

La costa sur del Perú presenta un clima árido, un detalle importante para identificar zonas priorizadas para consignar soluciones a la adaptación al cambio climático. SENAMHI (2021, p. 83) clasifica a el departamento de Moquegua como una ciudad que presenta este tipo de características: clima templado, árido y con una marcada deficiencia de humedad. Según Llacza et al. (2021, p. 33) los cambios en la temperatura media, para un escenario climático al 2050 en Moquegua, aumentarán en 2.4 a 2.8 °C. La temperatura máxima registrada en el año 2017 para la ciudad de Moquegua en los meses de octubre a diciembre fue de 27.2 °C.

Este aumento de temperatura traerá como consecuencia que el confort térmico interno de las edificaciones y viviendas de distintos materiales disminuya. Esta condición se define como la satisfacción de una persona con el entorno térmico, y depende de tres factores ambientales: humedad relativa, velocidad del aire y temperatura del aire (indicador más importante) (López, 2020, p. 34).

Como alternativa de solución, Ávila et al. (2023, p. 4) menciona que diversos estudios indican que los techos de cobertura verde actúan como mitigantes de temperatura, al involucrar sombreado, evapotranspiración y aislamiento térmico. Como lo indica Bevilacqua et al. (2016, p. 64) los techos de cobertura verde disminuyen en 12 °C, en promedio, la temperatura interior de un techo estructural en comparación con un techo de cobertura bituminosa negra de verano. Y es importante señalar, que el techo de cobertura verde reduce al 100% la energía térmica proveniente al ambiente interior de la estructura.

En consecuencia, se plantea el problema general: ¿Cuál es el efecto de la cobertura verde extensiva en la temperatura interior de un módulo de vivienda de material prefabricado en la ciudad de Moquegua?

La justificación ambiental se basa en el tipo de retribución que los techos de cobertura verde brinden múltiples servicios ecosistémicos, impacto positivo y significativo en el bienestar humano, incremento de la calidad del aire, mitigación de islas de calor urbanas, reducción del consumo de energía por climatización, captura de CO₂, reducción de contaminación acústica y mejora la calidad de vida de los habitantes. Como justificación práctica se basa en la creciente necesidad de adaptarnos al cambio climático, teniendo en cuenta el aumento de población y temperatura, las estrategias urbanas para mejorar e implementar acciones en adaptación a la población vulnerable y la justificación social radica en la ecología de ciudades, que proporciona a las personas servicios de purificación del aire, almacenamiento de CO₂ y paisajismo.

Según López-González et al. (2020, p 73) los techos de cobertura verde pueden satisfacer las necesidades del desarrollo saludable de los residentes, fomento de las relaciones sociales, obtención de productos agrícolas para el autoconsumo, mejora estética de las viviendas.

Por lo expuesto, la investigación tuvo por finalidad disminuir la temperatura interior de módulos de material de viviendas prefabricadas mediante el uso de techos de cobertura verde tipo extensivos para la adaptación al cambio climático en Moquegua, y se plantea el siguiente objetivo general: Evaluar el efecto de la cobertura verde extensiva en la temperatura interior de un módulo de vivienda de material prefabricado en la ciudad de Moquegua.

Y, por último, se plantea la siguiente hipótesis general: La cobertura verde provoca la disminución de la temperatura interior del módulo de vivienda de material prefabricado en la ciudad de Moquegua.

En investigaciones realizadas, Cortés (2022, p. 7) indica que la reducción de calor que crea un techo de cobertura verde se genera por la capa de sustrato que protege al techo de los rayos solares, lo que ocasiona una pérdida de calor latente. Por otra parte, López (2022, p. 20) determina los roles de radiación, convección y evapotranspiración de la cobertura vegetal, en el día el 60% de la radiación solar que incide en las hojas se absorben, y también lo hace el 100% de la radiación térmica de longitudes de onda infrarroja, por ello, la cubierta vegetal balancea la energía irradiada, lo que ocasiona la transpiración de las hojas y esto disipa un porcentaje adicional de energía, por último, el viento disipa por convección otro porcentaje de energía, lo que da como resultado la disminución de la temperatura interna en las estructuras experimentales.

II. MARCO TEÓRICO

Según el sexto Informe de Evaluación, Cambio Climático 2021: La Base de la Ciencia Física del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Intergovernmental Panel of Climate Change [IPCC], 2021, p. 425), la influencia humana en el sistema climático es ahora un hecho establecido, algunos de los extremos de calor observados en la última década habrían sido improbables sin la influencia humana en el sistema climático.

Según IPCC (2014, p. 46) la evidencia combinada con el Cuarto Informe de Evaluación (AR4) y el Quinto Informe de Evaluación (AR5) fortalecen este hallazgo al afirmar que es inequívoco que el aumento de CH₄, CO₂, y N₂O en la atmósfera durante la era industrial es la consecuencia de las actividades antrópica, y esta influencia es el principal impulsor de muchos cambios observados en la atmósfera, el océano, criosfera y biosfera. El cambio climático consiste en la variación estadística del clima en un periodo prolongado, que ocasionan impactos a la biosfera planetaria.

Estos impactos se observan en el incremento e intensificación de la frecuencia de los fenómenos climáticos extremos (tifones, desplazamiento de vectores de enfermedades, huracanes, entre otros). Como parte de los efectos a mediano y largo plazo, la afectación al aprovechamiento de los recursos naturales será limitada, la producción y consumo de alimentos que depende de los ecosistemas se reducirá por las sequías, precipitaciones irregulares y variación de la temperatura (IPCC, 2021, p. 426).

Un techo de cobertura verde es la colocación de toda o parte de la vegetación en el techo de un edificio o vivienda, adoptando la vegetación como parte integral de la estructura; sin embargo, este término también cubre balcones y terrazas con vegetación (Ávila-Hernandez et al., 2023, p. 3). Los techos de cobertura verde también se pueden aplicar a construcciones existentes, sin embargo, se debe tener en cuenta los trabajos de refuerzo. Según D’Orazio et al. (2012, p. 439) los techos de cobertura verde reducen la temperatura superficial externa y el flujo térmico, comparado con un techo de metal. Además, se identificó un desempeño excelente en invierno.

Los techos verdes se clasifican como intensivos, semi intensivos (intensivos simples) y extensivos (área verde extensiva) de acuerdo con el nivel de mantenimiento requerido (Bevilacqua 2016, p. 63), sin embargo, se considera las categorías extensivas e intensivas como categorías de estudio más común. Las categorías de techo de cobertura verde son las siguientes:

Tabla 1. *Tipologías de techos de cobertura verde.*

| Tipo | Características | Medida de la capa de sustrato | Peso | Cubierta Vegetativa | Costo por mantenimiento |
|-------------|--|--------------------------------------|----------------------------|---|---|
| Intensivos | Profundos, pesados, alto nivel de mantenimiento y diseñados para una accesibilidad al área total. Esta categoría se aplica a edificios o infraestructura diseñada para soportar el peso adicional. | < 20 cm | 300 kg/m ³ | Césped, arbustos, helechos, árboles pequeños. | Alto, necesita sistema de riego y drenaje especializado |
| Extensivos | Profundidad reducida, liviano, bajo nivel de mantenimiento y no se diseñan para el acceso humano. Esta categoría se diseña para albergar especies vegetales endémicas y autosostenibles a las condiciones climáticas. El peso reducido lo hace idóneo para su instalación en estructuras existentes. | > 20 cm | 60 - 150 kg/m ³ | Plantas pequeñas y livianas, suculentas, sedum, pastos. | Bajo, por el pequeño espesor es adecuado para grandes cubiertas inclinadas. |

Fuente: Bevilacqua (2016, p. 63); Ávila-Hernandez et al. (2023, p. 4); Cristiano et al. (2021, p. 2).

Diversos autores proponen otra tipología de techos de cobertura verde: modulares. El módulo de cobertura verde se ubica en el techo, no considerado parte de este (Rahimi et al., 2022, p. 2). Este tipo de cobertura puede ser incluido como un subtipo de tipología del sistema extensivo, innovador en lo sencillo que puede llegar a instalarse. Ideal para el acceso sencillo para el mantenimiento y reparación.

Existe mucha variedad en la composición, propósito y materiales de las capas que componen los techos de cobertura verde. Una de las capas más importante es la primera, que contiene las especies vegetales. Son el elemento indispensable para realizar el proceso de evapotranspiración en la capa del sustrato, elemento crucial para lograr el proceso de enfriamiento del espacio interior. Sin embargo, la vegetación tarda en adaptarse o desarrollarse en el proceso de instalación, por lo que se corre riesgo de muerte de las especies vegetales, y así, la cobertura verde se quedaría sin vegetación por un tiempo determinado. Según Coutts et al. (2013, p. 267) la construcción de los techos de cobertura verde para climas áridos debe diseñarse utilizando una combinación de suelos poco profundos y especies tolerantes a la sequía que puedan sobrevivir en ambientes hostiles (poca disponibilidad de agua). Las partes que componen a los techos de cobertura verde se detallan en la tabla 2.

La importancia de conocer el tipo de sustrato sobre el cual la capa vegetativa mantendrá la integridad del techo de cobertura verde es importante. Para un tipo de clima árido y cálido, la textura corresponde a la proporción de arcilla, limo, arena y materia orgánica que contenga (Sahagún, 2019, p. 51), por ello la composición debe responder a las condiciones particulares de cada estudio.

Según Nagase (2020, p. 7) el objetivo de la capa de drenaje es obtener un balance óptimo entre aire y agua, además de retener precipitaciones (si llegasen a ocurrir). Por eso, el potencial de utilizar materiales reciclados como alternativas a material comercial en las capas del techo de cobertura verde es alto. Como resultado de su investigación, las botellas PET, además de ser baratas y de fácil acceso, se recomienda su uso como capa de drenaje.

En diversas partes del mundo se realizaron estudios para determinar el comportamiento térmico de los techos de cobertura verde, según He et. al (2017, p. 5) la disminución de la temperatura mediante evapotranspiración, aislamiento y masa térmicos es complejo. El comportamiento energético de los techos verdes varía en diferentes climas, con estudios como los de Korol y Shushunova (2016. p. 1822) que evaluaron la efectividad del sistema de techo de cobertura verde en Atenas, Grecia, en donde se demostró que en el sistema climático del Mediterráneo la variación entre la temperatura interior y la superficie del techo verde fue de 6 °C.

Tabla 2. *Composición típica de una sección de un techo de cobertura verde.*

| Capa | Nombre | Objetivo |
|--------|---|---|
| Capa 1 | Cubierta Vegetativa | Proporcionar el proceso de evapotranspiración y anclaje del medio de crecimiento. |
| Capa 2 | Medio de Crecimiento (Sustrato) | Capa liviana que mantenga el nivel de humedad adecuado y brinde nutrientes adecuados para el crecimiento de la cubierta vegetativa, además de eliminar el exceso de agua. |
| Capa 3 | Filtro (geotextil) | Mantener la integridad de las capas 1 y 2. Evitar la infiltración de material fino a las capas inferiores. |
| Capa 4 | Drenaje | Retención de precipitaciones en el sistema, aireación de las capas superiores y puede contener pequeños depósitos para almacenar agua. |
| Capa 5 | Membrana a prueba de agua (impermeable) | Evitar la infiltración a la estructura de soporte y proporciona un sello hermético. |

Fuente: A. Nagase (2020, p. 2); Sutton, R. (2015, p. 7); Ávila-Hernandez et al., (2023, p. 3).

En la investigación de Imran et. al. (2018, p. 394) la efectividad de los techos verdes fue medido en Melbourne, Australia, con un clima árido y seco, en donde se encontró que reducen sustancialmente el flujo de calor, el

almacenamiento y radiación, aumentando el flujo de calor latente y se determina que los techos de cobertura verde reducen el calor almacenado que se transfiere a los edificios en comparación con los techos convencionales durante el día. Se comprobó, mediante investigación de Kostadinovic et al. (2022, p. 8) en Serbia, territorio con un clima subtropical húmedo, que el flujo de calor disminuyó significativamente en un 57% y retrasó la transferencia de calor durante 3 horas debido al aumento de la masa térmica, efecto de sombra de vegetación y evapotranspiración. Huang et al. (2018, p. 49) analizaron la reducción del calor con diferentes tipos de plantas y concluyó que los arbustos redujeron la amplitud del calor en un 83%. En la ciudad de Shanghai, las temperaturas disminuyeron en un 3.6% producto del uso de un techo verde en un edificio público (He et al., 2020, p 9), además en Toronto, Canadá se redujo la demanda energética del 3% de un edificio (Berardi, 2016, p. 227). Aunado a esto, Tariku y Hagos (2022, p. 16) en Vancouver, Canadá, determinaron que un techo de cobertura verde reduce la ganancia de calor en un 66% cuando se combina con una plataforma de techo aislada. En el área metropolitana de Taichung, Taiwán, con un clima subtropical, la vegetación dio como resultado una reducción de temperatura de 3.98 °C y una reducción adicional de amplitud de calor de 16,45% en comparación con un modelo de techo sin cubierta verde (Huang et al. 2018, p. 52). Esta energía se almacena en los techos verdes y luego se libera al interior de la estructura por las noches. Por ello, también se utilizan como aislamiento térmico en climas fríos. La reducción de la proporción de radiación infrarroja devuelta a la atmósfera resulta en que la temperatura del aire no aumente y cree un microclima adaptado al confort de los humanos (Alcazar et al. 2016, p. 305).

Jandaghian y Akbari (2018, p. 17) mencionan que los territorios con climas secos logran beneficios mayores al aumentar la fracción vegetal de las zonas urbanizadas, así logrando mayor evapotranspiración, esto en comparación con territorios con climas húmedos. Sin embargo, la disponibilidad hídrica es un factor importante por considerar en el diseño final de un techo de cobertura verde. Los flujos de calor superficial son sensibles a los cambios de humedad del suelo, por ello, para lograr un máximo aprovechamiento de la disminución de la temperatura se debe mantener la capa de sustrato húmeda (Lynn y Lynn,

2020, p. 16). En verano, los techos de cobertura verde pueden reducir la temperatura exterior de las proximidades del techo y estabilizar las temperaturas interiores debido a la mejora del aislamiento de la estructura. La adición de la cubierta vegetativa depende en gran medida por la profundidad de la capa de sustrato, siendo las plantas de follaje denso y profundo (como helechos) soluciones acertadas en cierto tipo de situaciones (Cavadini y Cook, 2021, p. 9). Cabe señalar que, la propuesta de diseño del techo de cobertura verde está delimitada por el diseño estructural que soporte el peso adicional, por ello la utilización del tipo extensivo se adapta mejor a la estructura de viviendas prefabricadas.

Zhang et al. (2021, p. 6) determina que el éxito de un techo de cobertura verde depende fuertemente en la selección de la cubierta de vegetación. El uso de plantas tolerantes al estrés y un sustrato con buen contenido de humedad para garantizar el buen funcionamiento del techo verde. Por ello Du et al. (2019, p. 31) selecciona a los arbustos como plantas ideales para cualquier tipo de clima, ya que se adaptan a la sequía y al uso del agua. Sin embargo, para disminuir el uso de agua dulce para la manutención del techo, Agra et al. (2018, p. 1277) propone el uso de aguas grises como método de riego, algo fundamental en zonas áridas con escasez hídrica. Además, la capa de sustrato y la vegetación funcionan como un sistema de biofiltración y las aguas grises proporcionan los nutrientes necesarios (nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros) (Pradhan et al., 2019, p. 341).

La variedad de techos de cobertura verde investigados por la comunidad científica para el comportamiento térmico y la capa vegetativa utilizada, se llevaron a cabo en edificios, universidad, viviendas y demás estructuras. Rodríguez y Baltazar (2015, p. 8) utilizaron árboles pequeños y césped para la capa vegetativa del techo verde, con un espesor de 12 a 55 cm que redujo la temperatura interior en 4 °C en comparación a la temperatura exterior. Guadalupe (2016, p. 63) evaluó 3 capas de sustrato y su efectividad en la reducción de temperatura, resultando en una disminución de 2.5 a 1.3 °C con 15 y 25 cm de profundidad, sin embargo, con una capa de 10 cm de profundidad no disminuyó la temperatura. Chávez (2018, p. 62) seleccionó el

césped como cubierta vegetativa y disminuyó hasta los 21.8°C en verano y 6.1 °C en invierno. En el Anexo 3 muestra un resumen de diferentes estudios y comparativas entre cubiertas vegetativas, profundidad de sustrato y variación térmica por los techos de cobertura verde.

Los principios físicos de un techo de cobertura verde se describen según Sahagun (2019, p. 31) como la energía del sol que llega al techo de cobertura verde, una parte se absorbe por la cubierta vegetativa, otra se transmite en forma de calor a la estructura del techo, otro porcentaje se pierde por el paso del viento entre las hojas, otra es absorbida por la evaporación del agua y, la energía que logra pasar se retarda por el agua y tierra de la cubierta del techo de cobertura verde. Cuando la energía residual logra cruzar estas capas, el calor aún debe pasar por las capas de aislante y el techo de madera.

Al final, solo un porcentaje recepcionado inicialmente al techo de cobertura verde, se transmitirá por radiación y convección en el espacio que se encuentre bajo el techo de cobertura verde. Por las propiedades de condensación y evaporación de la cubierta vegetativa, la ganancia de calor por radiación disminuye hacia el interior de las superficies expuestas a la radiación solar. Por lo descrito, el techo de cobertura verde es una estrategia que mejora las condiciones de confort térmico en el interior de las edificaciones. Según Lopez (2020, p. 53), la capa de sustrato es la más importante para la disminución de la temperatura por su espesor, en la influencia en el balance hidrológico y temperatura superficial.

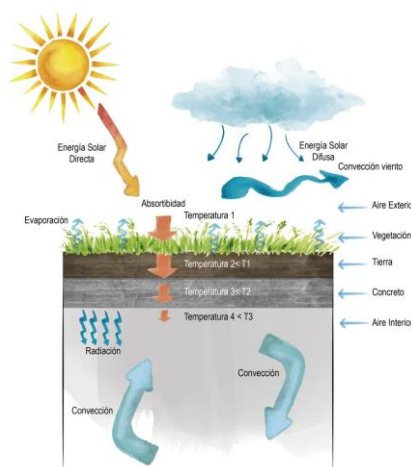


Figura 1. Principios físicos de un techo de cobertura verde. Sahagun (2019, p. 32)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación: Básica

3.1.2. Diseño de investigación: El diseño es cuasi experimental porque es un estudio empírico de intervención utilizado para estimar el impacto causal de la cobertura verde en la temperatura interior del módulo.

3.2. Variables y operacionalización

Se considerará como variable independiente la cobertura verde, y como variable dependiente la temperatura interior, tal como se muestra en el anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Está definido por la urbanización Los Damascos, distrito Moquegua, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, las coordenadas de ubicación fueron: 17°11'15.6"S - 70°55'35.6"W. Esta zona cumplió las condiciones ideales para la ejecución de la presente investigación.

3.3.2. Muestra

Las muestras fueron 02 módulos de madera donde uno de ellos fue el módulo control, y el segundo es el módulo experimental.

3.3.3. Muestreo

El muestreo fue de tipo no probabilístico con el método por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos elegida fue la experimentación, ya que la variable descrita estará en condición que permitan la reunión de datos por efecto de los estímulos recibidos. Para la recolección de datos se utilizó el formato según anexo 2, el cual se fue llenando cada hora en el rango de (08.00 a 18:00 horas).

3.5. Procedimientos

El proceso de construcción de los 02 módulos de madera contempló los siguientes componentes: estructura interior construida con listones de madera de 1" de ancho x 2" largo y 06 paneles de madera ranurada de 8 mm de espesor como paredes, como se observa en la figura 2. El objetivo de la propuesta experimental es contener 0, 22 m³ de aire para el estudio y poder comparar el efecto de la cobertura. Finalmente, las dimensiones de los módulos fueron: 60 cm de alto x 60 cm de ancho x 60 de profundidad.

El techo de cada módulo tuvo el panel superior con 2.5 cm más de largo y ancho, con una medida final de 65 cm por lado, como se observa en la figura 3. Los módulos experimentales fueron sellados en las juntas y uniones para lograr el volumen descrito y para evitar la variación de temperatura por efecto de una posible ventilación.

Para la ubicación de los módulos el lugar elegido cumplió con las siguientes características: Exposición diaria a radiación solar, sin objetos que proyecten sombra al módulo experimental, sin elementos cercanos que interfieran con el control experimental y un lugar accesible para la instalación de los equipos de medición para un mayor control experimental según lo descrito por Quiroa, Castañeda y Villanueva (2020, p. 92).



Figura 2. *Vista del módulo experimental interior.*



Figura 3. *Módulo experimental con techo sellado.*

La construcción del techo de cobertura verde se realizó según tabla 3, en donde se especifica las diferentes capas contenidas en orden descendente. El techo de cobertura verde extensivo tuvo la cubierta vegetativa de disponibilidad local, *Sedum weinbergii*. En la figura 4 se presenta los componentes de las diferentes capas del techo de cobertura verde. Las capas estuvieron contenidas en una caja de madera de las mismas dimensiones que el techo del módulo, que soportó el contenido de la cobertura verde.

Tabla 3. Características del techo de cobertura verde extensivo a instalar en el módulo experimental.

| Denominación | Nombre de Capa | Contenido/Unidad de medida |
|--------------------------|------------------------------|---|
| Techo de Cobertura Verde | Capa 1: Cubierta Vegetativa. | 15 plantas de la especie <i>Sedum weinbergii</i> (figura 9). |
| | Capa 2: Capa de Sustrato. | 10 cm de sustrato compuesto por 50% de compost, 25% de tierra de cultivo y 25% de cascarilla de arroz (figura 9). |
| | Capa 3: Capa de Filtro. | 60 cm x 60 cm de membrana geotextil no tejida (figura 8). |
| | Capa 4: Capa de Drenaje. | 17 botellas PET aplastadas que cubran la totalidad del área (figura 7) |
| | Capa 5: Capa Impermeable. | Membrana impermeable de 60 cm x 60 cm (figura 7). |

Fuente: Elaboración propia.

La capa vegetativa fue acondicionada en una capa de 15 cm para su óptimo crecimiento en un sustrato idóneo para la especie, ya que las raíces son sensibles al cambio de altura y estrés el cual pudiera no adaptarse a las nuevas condiciones de la investigación.

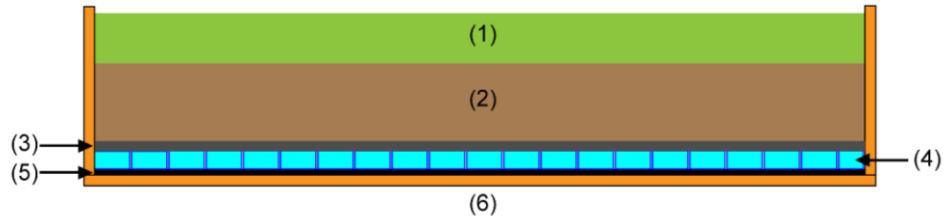


Figura 4. Componentes de las capas del techo de cobertura verde. (1) Capa vegetativa, (2) Capa de sustrato, (3) Capa de filtro, (4) Capa de drenaje, (5) Capa de membrana impermeable y (6) caja de madera.



Figura 5. Implementación de capa impermeable y botellas PET.



Figura 6. Implementación de la capa de filtro.



Figura 7. Preparación de 10 cm de tierra de cultivo, compost y cascarilla de arroz para la cubierta vegetativa.

El equipo de medición fue un Data Logger de temperatura DTR-305 el cual se observa en la figura 8, el cual tiene un rango de temperatura de -40 °C a 85 °C, con una precisión de ± 0.6 °C. El cual se configuró para que registre las temperaturas cada hora y se colocó en la parte central interior, a 30 cm del techo en el centro geométrico siguiendo las recomendaciones de Quiroa, Castañeda y Villanueva (2020, p. 96), como se observa en la figura 9.



Figura 8. Equipo de medición de temperatura Datalogger DTR-305.

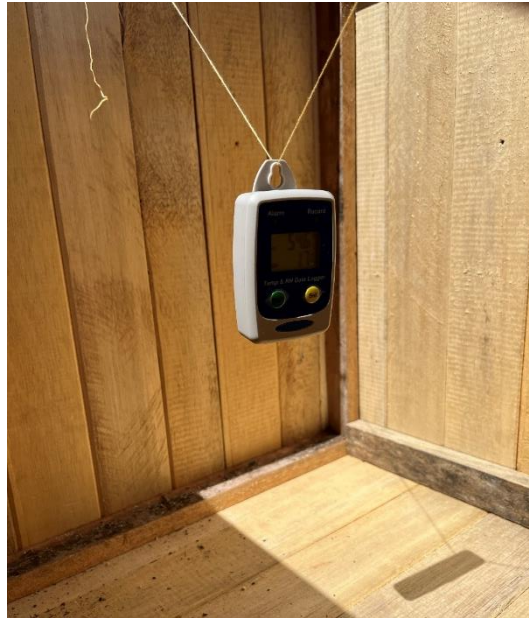


Figura 9. *Monitoreo de la temperatura interna con instrumento de medición ubicado en el centro geométrico de los módulos.*

3.6. Método de análisis de datos

El análisis de datos estadísticos obtenidos de los instrumentos de medición del módulo control (SC) y módulo experimental (CC) durante las 04 repeticiones, se realizaron a través del Software SPSS. El estadístico aplicado fue la prueba T (anexo 5 y anexo 6)

Para el análisis de datos se utilizó cuadros de doble entrada para los promedios de temperatura por repetición y gráficos de barra para los promedios por hora en cada repetición, además de gráficos lineales comparativos para las temperaturas diarias de cada repetición.

3.7. Aspectos Éticos

Se resalta el respeto por los autores de los documentos y artículos científicos consultados para la presente investigación, así mismo, las citas correspondientes para evitar cualquier forma de plagio o copia. Declaramos no exponer en riesgo la especie *Sedum weinbergii* en el desarrollo de la investigación, siguiendo la ética en relación con el ambiente, al priorizar la protección de la naturaleza ante cualquier impacto negativo que pudiera generar el presente estudio.

IV. RESULTADOS

Antes de iniciar la experimentación para ambos módulos se realizaron mediciones de temperatura interior bajo las mismas condiciones, cabe resaltar que a ninguno de los módulos se les colocó el techo de cobertura verde, con el fin de evaluar y validar que la construcción de los módulos no presenten diferencias entre ellos. Dichos resultados se compararon con los datos obtenidos de la Estación Moquegua, del tipo Automática-Meteorológica con el código 4723F1BE (SEMANHI, 2022) del día 23 de noviembre ya que ese mismo día se hizo este mismo ensayo, en el rango de 08:00 – 18:00 horas que fue el mismo rango horario de la experimentación. Los resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la validación de los módulos experimentales.

| N° | Hora | Módulo #01 (°C) | Módulo #02 (°C) | Estación Meteorológica SEMANHI (°C) |
|----|----------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 1 | 08:00:00 | 18.9 | 19.2 | 20.0 |
| 2 | 09:00:00 | 21.4 | 21.8 | 22.3 |
| 3 | 10:00:00 | 22.1 | 22.3 | 22.5 |
| 4 | 11:00:00 | 23.2 | 23.5 | 23.5 |
| 5 | 12:00:00 | 24.2 | 24.4 | 24.7 |
| 6 | 13:00:00 | 25.4 | 25.5 | 26.0 |
| 7 | 14:00:00 | 25.4 | 25.1 | 25.9 |
| 8 | 15:00:00 | 24.7 | 24.4 | 24.2 |
| 9 | 16:00:00 | 23.4 | 23.6 | 22.4 |
| 10 | 17:00:00 | 22.3 | 22.4 | 21.0 |
| 11 | 18:00:00 | 21.2 | 21.6 | 20.0 |

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 4 la ganancia de calor interior es similar para ambos módulos comparados con los registrados de la Estación Moquegua de SEMANHI, resultando que en ambos módulos no existen diferencias estadísticamente significativas (ver anexo 5) en la construcción y no afectarán

los resultados de la experimentación, por lo tanto, quedan validados los módulos experimentales.

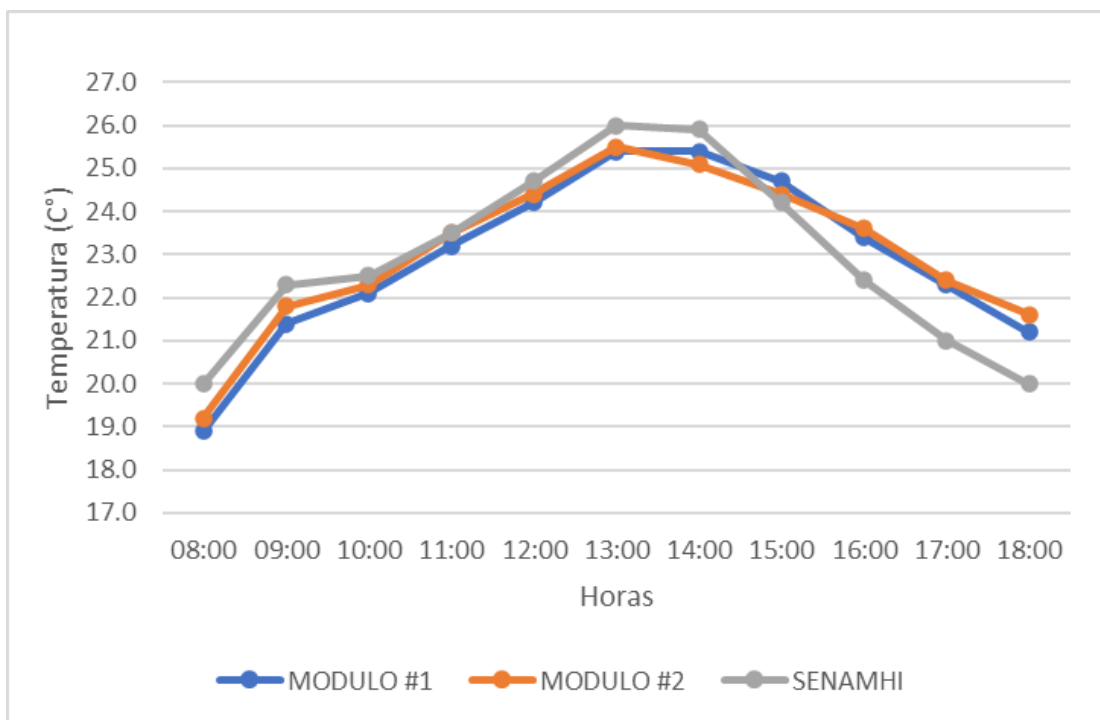


Figura 10. Medición de temperatura interior en °C en el centro geométrico de los módulos experimentales.

Para mayor comprensión en la figura 10 se grafican los datos comparativos de la tabla 4, en donde se observa que los resultados guardan relación entre sí, por lo tanto, los dos módulos se consideran iguales para la aplicación del techo de cobertura verde a uno de ellos.

Por consiguiente, se designó al módulo 1 como control y el módulo 2 como módulo con cobertura verde. El monitoreo para ambos módulos se realizaron durante 28 días, los que se dividieron en 4 semanas de 7 días cada una, considerando cada semana como una repetición, por lo tanto se tuvo 4 repeticiones (R1, R2, R3 y R4).

En la tabla 5 se presentan los resultados de la R1 que se realizaron en ambos módulos los cuales son el promedio de los datos obtenidos por hora de los 7 días.

Este mismo tratamiento se realizó para las 3 repeticiones restantes. Los datos totales recolectados se presentan en el anexo 3: Fichas de registro de recolección de datos.

Tabla 5. *Tabla de las temperaturas promedio por hora de la R1.*

| N° | Hora | Promedios de temperaturas (°C) | | Diferencia de la temperatura promedio (°C)* |
|----|----------|--------------------------------|----------------|---|
| | | Módulo con cobertura verde | Módulo control | |
| 1 | 08:23:14 | 25.2 | 24.4 | + 0.8 |
| 2 | 09:23:14 | 29.4 | 30.5 | - 1.1 |
| 3 | 10:23:14 | 33.1 | 34.0 | - 0.9 |
| 4 | 11:23:14 | 34.9 | 36.0 | - 1.2 |
| 5 | 12:23:14 | 33.7 | 35.3 | - 1.6 |
| 6 | 13:23:14 | 33.3 | 35.2 | - 1.9 |
| 7 | 14:23:14 | 32.8 | 35.4 | - 2.5 |
| 8 | 15:23:14 | 30.6 | 32.4 | - 1.8 |
| 9 | 16:23:14 | 28.4 | 29.4 | - 1.1 |
| 10 | 17:23:14 | 26.5 | 27.2 | - 0.7 |
| 11 | 18:23:14 | 24.7 | 23.5 | + 1.1 |

* Los signos solo representan la disminución o aumento de temperatura al interior de los módulos.

Fuente: Elaboración propia.

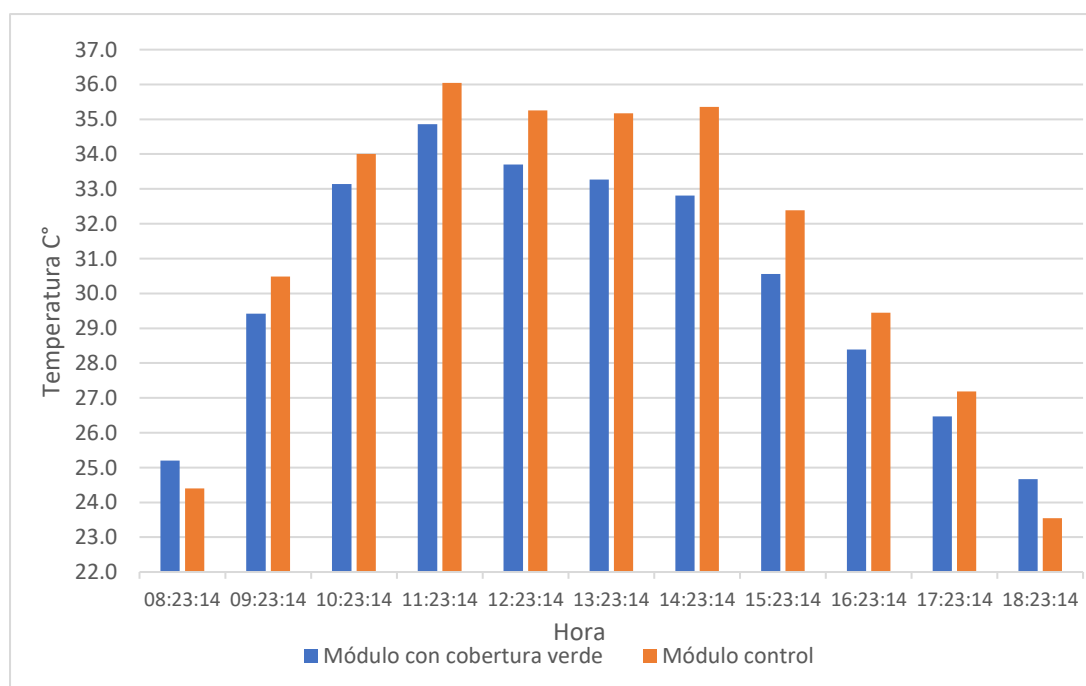


Figura 11. *Temperaturas promedio por hora de la R1.*

En una vista general, observamos en la figura 11 que las temperaturas promedio interiores del módulo con cobertura verde presentan valores menores con respecto al módulo control. Destacando que a las 14:00 horas se presenta la mayor disminución de temperatura.

En la figura 12 se muestran la representación de la totalidad de datos recopilados para la R1. Como se observa, el día 1 fue el día más caluroso con una máxima de temperatura de 41.4 °C y a pesar de ello la temperatura al interior del módulo con techo de cobertura verde se mantuvo 4.3 °C por debajo de la temperatura máxima con respecto a la temperatura del módulo control. Los días 2, 3 y 4 muestran valores cercanos en ambos módulos debido a la baja radiación captada por los módulos experimentales debido a la presencia de nubosidad por inicio de precipitaciones veraniegas.

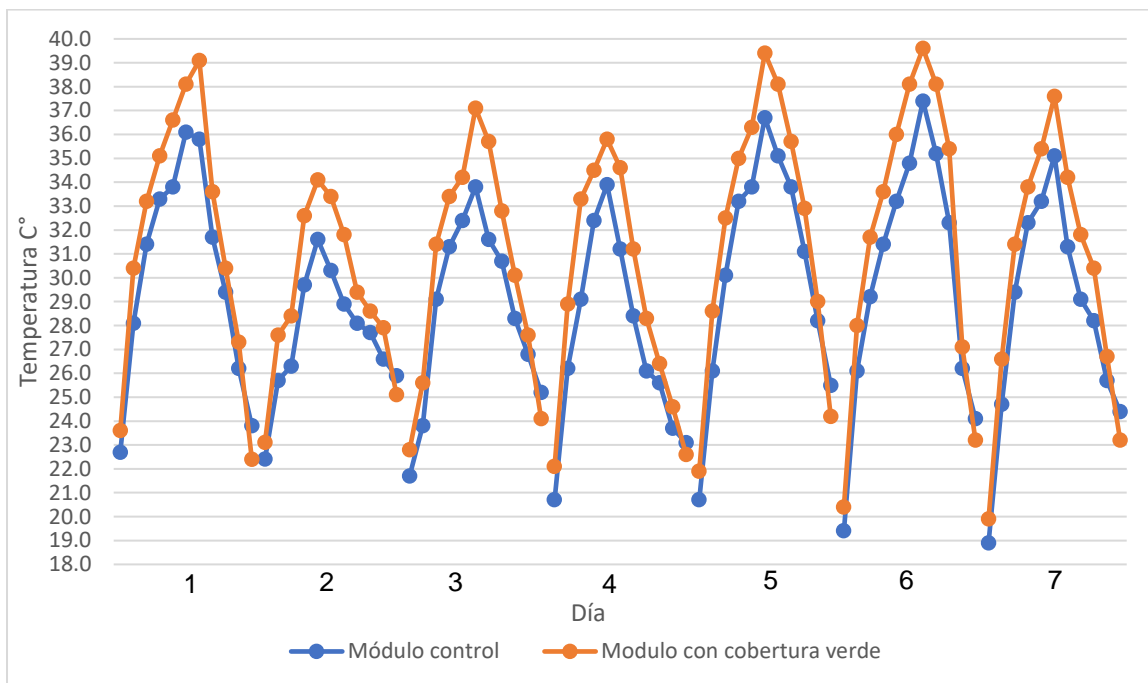


Figura 12. Representación del total de datos de la R1 por día.

En la tabla 6 se presentan los resultados de las temperaturas promedio para la R2, donde observamos que en el rango de 13:00 a 15:00 horas se evidenció la mayor disminución de temperatura entre ambos módulos. También se destaca que a las 18:00 horas la temperatura del módulo experimental con techo de cobertura verde es mayor en 1.2 °C.

Tabla 6. *Tabla de las temperaturas promedio por hora de la R2.*

| N° | Hora | Promedios de temperaturas (°C) | | Diferencia de la temperatura promedio (°C)* |
|----|----------|--------------------------------|----------------|---|
| | | Módulo con cobertura verde | Módulo control | |
| 1 | 08:23:14 | 25.2 | 24.3 | +0.9 |
| 2 | 09:23:14 | 29.5 | 30.2 | -0.7 |
| 3 | 10:23:14 | 32.1 | 33.7 | -1.6 |
| 4 | 11:23:14 | 35.4 | 36.1 | -0.8 |
| 5 | 12:23:14 | 34.7 | 36.2 | -1.5 |
| 6 | 13:23:14 | 33.0 | 36.4 | -3.4 |
| 7 | 14:23:14 | 32.3 | 35.7 | -3.3 |
| 8 | 15:23:14 | 29.6 | 32.4 | -2.8 |
| 9 | 16:23:14 | 29.0 | 27.4 | -1.6 |
| 10 | 17:23:14 | 25.6 | 26.5 | -0.8 |
| 11 | 18:23:14 | 25.0 | 23.8 | +1.2 |

* Los signos solo representan la disminución o aumento de temperatura al interior de los módulos.

Fuente: Elaboración propia

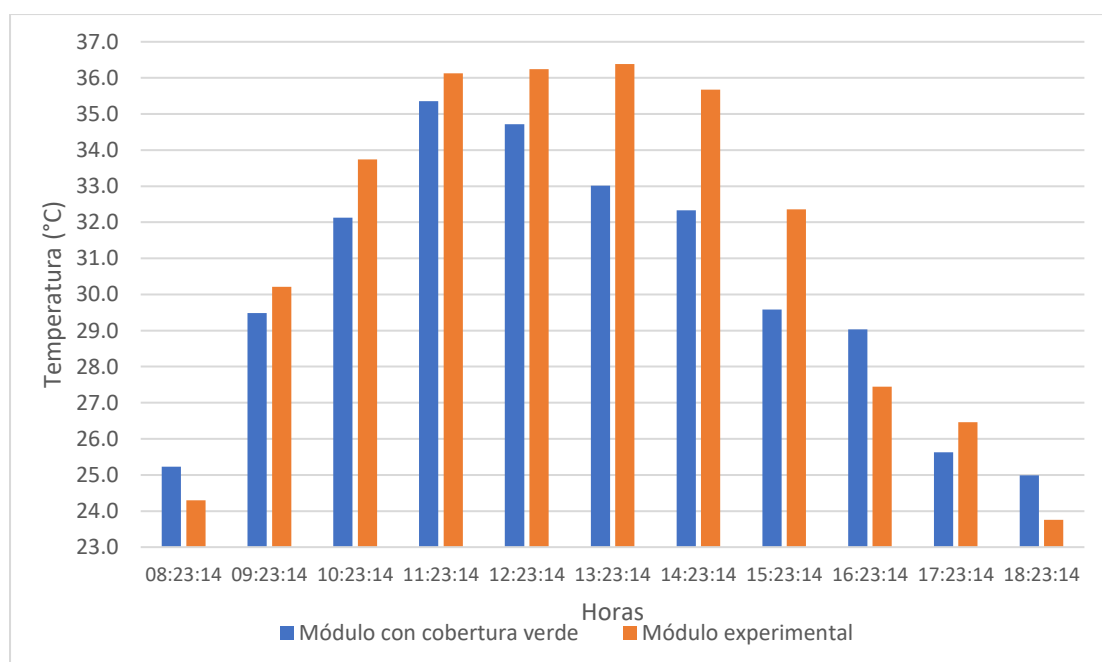


Figura 13. *Temperaturas promedio por hora de la R2.*

Analizando la figura 14, notamos que en día 1 la diferencia de temperatura entre ambos módulos es de -3.4 °C lo que indica que la cobertura tiene

influencia positiva sobre la temperatura interna del módulo con cobertura verde comparada con el módulo control.

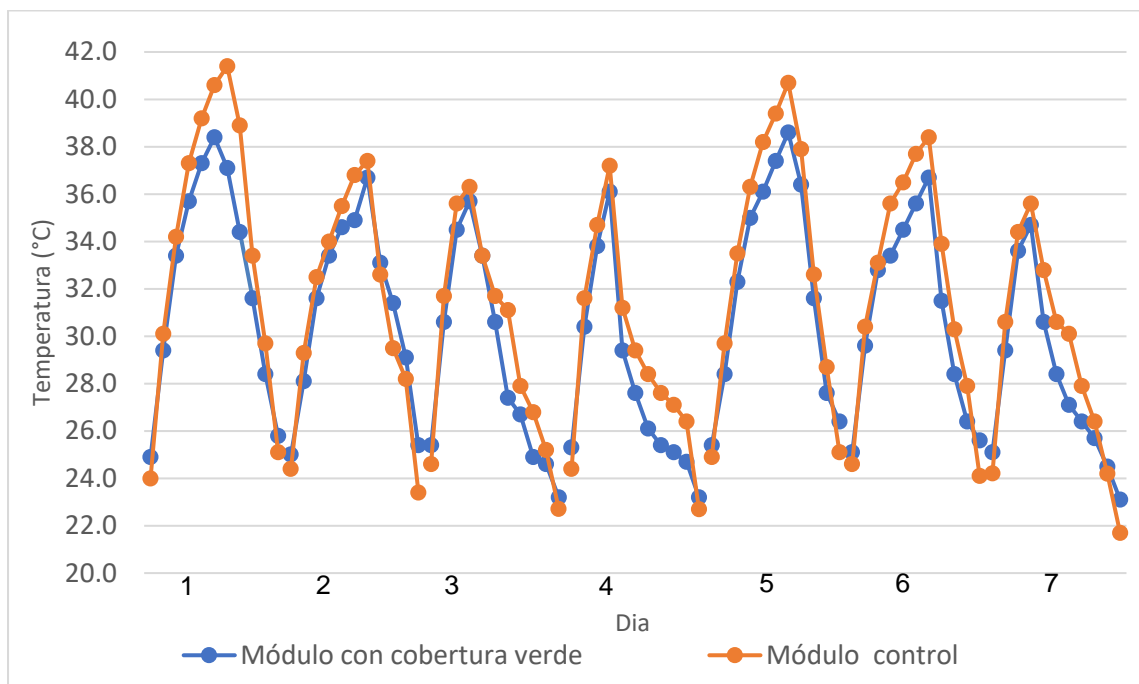


Figura 14. Representación total de datos de la R2 por día.

En la tabla 7 se presentan los resultados de las temperaturas promedio para la R3, donde observamos que en el rango de 13:00 a 14:00 horas se evidenció la mayor disminución de temperatura entre ambos módulos con 3.0 °C.

Tabla 7. Temperatura promedio por hora de R3.

| N° | Hora | Promedios de temperaturas (°C) | | Diferencia de la temperatura promedio (°C)* |
|----|----------|--------------------------------|----------------|---|
| | | Módulo con cobertura verde | Módulo control | |
| 1 | 08:23:14 | 20.9 | 22.0 | +1.1 |
| 2 | 09:23:14 | 25.8 | 28.0 | -2.1 |
| 3 | 10:23:14 | 29.2 | 31.7 | -2.5 |
| 4 | 11:23:14 | 31.9 | 34.0 | -2.1 |
| 5 | 12:23:14 | 32.6 | 35.1 | -2.5 |
| 6 | 13:23:14 | 34.0 | 36.9 | -2.9 |
| 7 | 14:23:14 | 32.6 | 35.6 | -3.0 |
| 8 | 15:23:14 | 31.3 | 33.5 | -2.2 |
| 9 | 16:23:14 | 28.9 | 30.6 | -1.7 |
| 10 | 17:23:14 | 26.2 | 27.2 | -1.0 |
| 11 | 18:23:14 | 24.6 | 23.5 | +1.1 |

* Los signos solo representan la disminución o aumento de temperatura al interior de los módulos.

Fuente: Elaboración propia

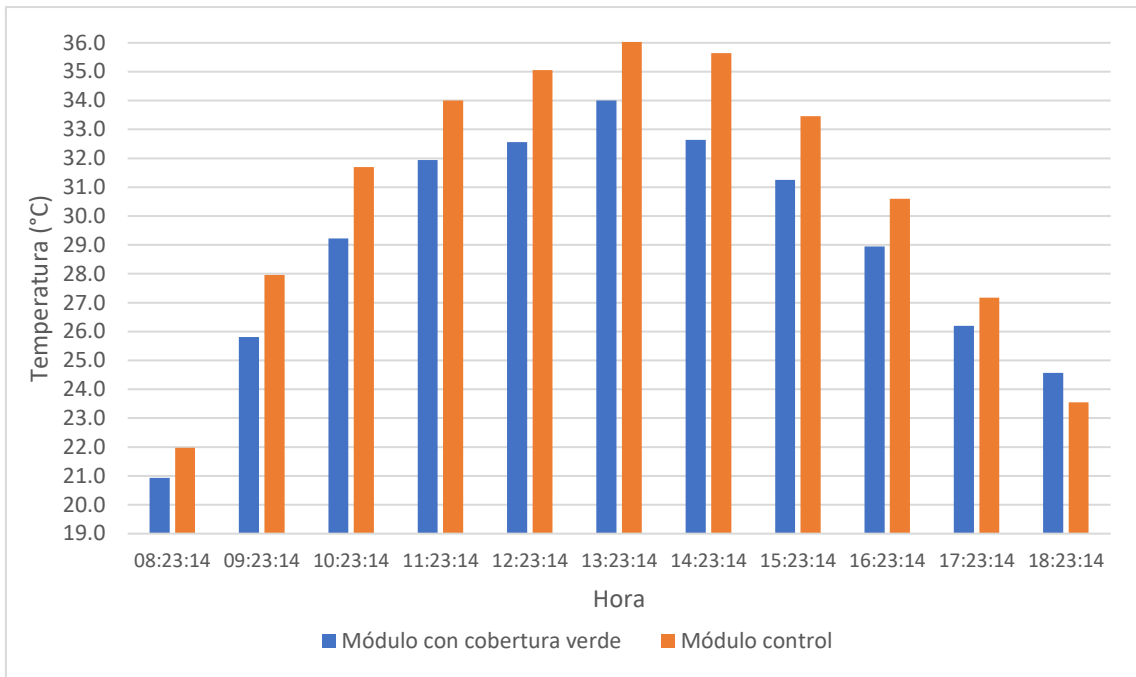


Figura 15. Temperaturas promedio por hora de la R3.

En la figura 16 se observa que en todos los días evaluados hay una disminución de la temperatura en el módulo con cobertura comparado con el módulo control. Destacando que se obtuvo un máximo de diferencia de 3.3 °C en el día 3 y una mínima diferencia de 1.5 °C para el día 6.

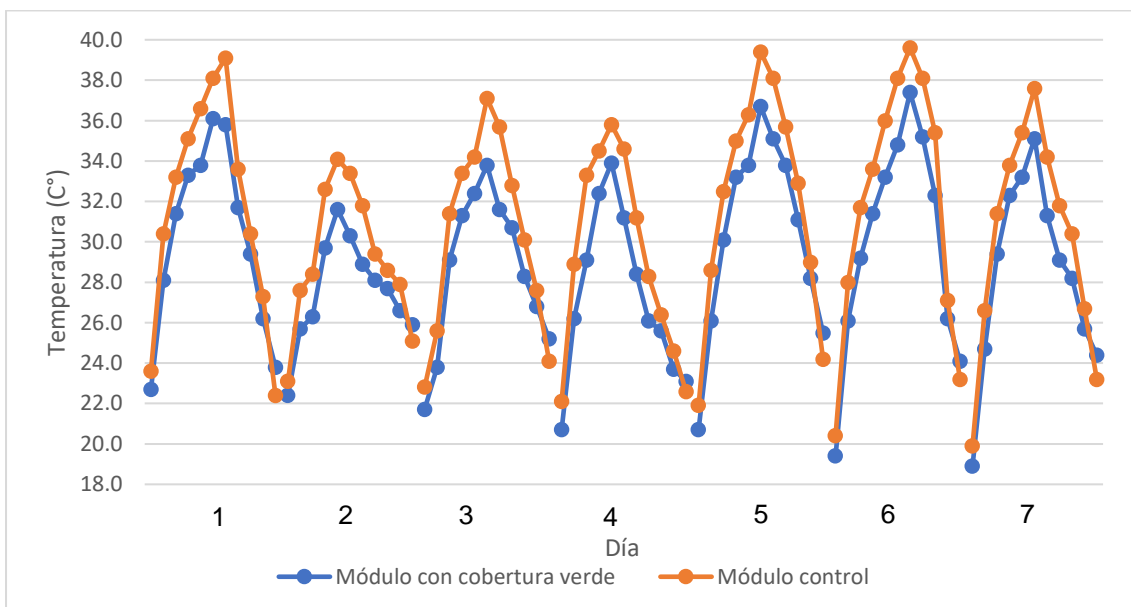


Figura 16. Representación del total de datos de la R3.

Para la repetición 4 se observan los promedios de temperatura en la tabla 8. En el rango horario de 12:00 a 14:00 horas, las temperaturas promedio

disminuyeron en 2.9 °C aproximadamente, a favor del módulo con cobertura verde, esta diferencia se ve claramente en la figura 17.

Tabla 8. *Temperatura promedio por hora de R4.*

| N° | Hora | Promedios de temperaturas (°C) | | Diferencia de la temperatura promedio (°C)* |
|----|----------|--------------------------------|----------------|---|
| | | Módulo con cobertura verde | Módulo control | |
| 1 | 08:23:14 | 19.3 | 20.4 | +1.1 |
| 2 | 09:23:14 | 24.5 | 26.5 | -2.0 |
| 3 | 10:23:14 | 28.7 | 31.1 | -2.4 |
| 4 | 11:23:14 | 31.1 | 33.8 | -2.6 |
| 5 | 12:23:14 | 32.6 | 35.5 | -2.9 |
| 6 | 13:23:14 | 33.1 | 36.0 | -2.8 |
| 7 | 14:23:14 | 31.0 | 34.0 | -3.0 |
| 8 | 15:23:14 | 29.4 | 32.0 | -2.6 |
| 9 | 16:23:14 | 27.8 | 29.6 | -1.8 |
| 10 | 17:23:14 | 24.8 | 26.2 | -1.4 |
| 11 | 18:23:14 | 23.8 | 22.9 | +0.9 |

* Los signos solo representan la disminución o aumento de temperatura al interior de los módulos.

Fuente: Elaboración propia

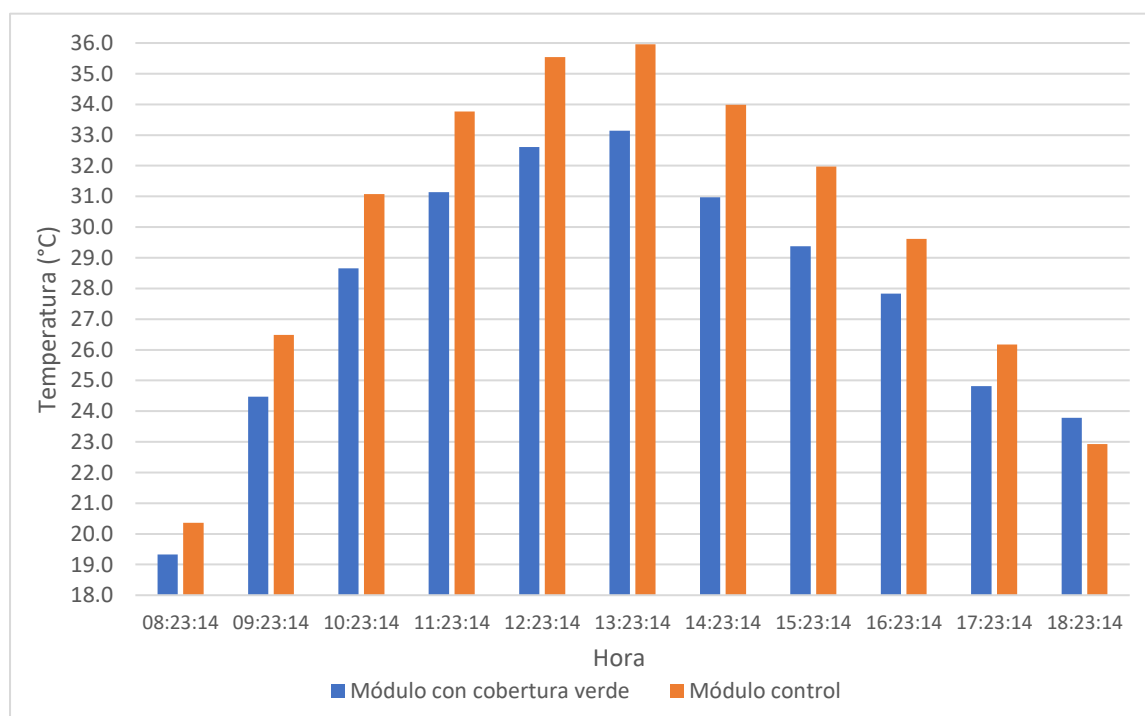


Figura 17. *Comparativa de mediciones de temperatura interior de R4.*

En la figura 18, observamos que los 4 primeros días se visualiza una marcada diferencia de temperatura de 3.1 °C, 2.9 °C, 2.7 °C y 3.7 °C en los días 1, 2, 3 y 4 respectivamente al interior de los módulos.

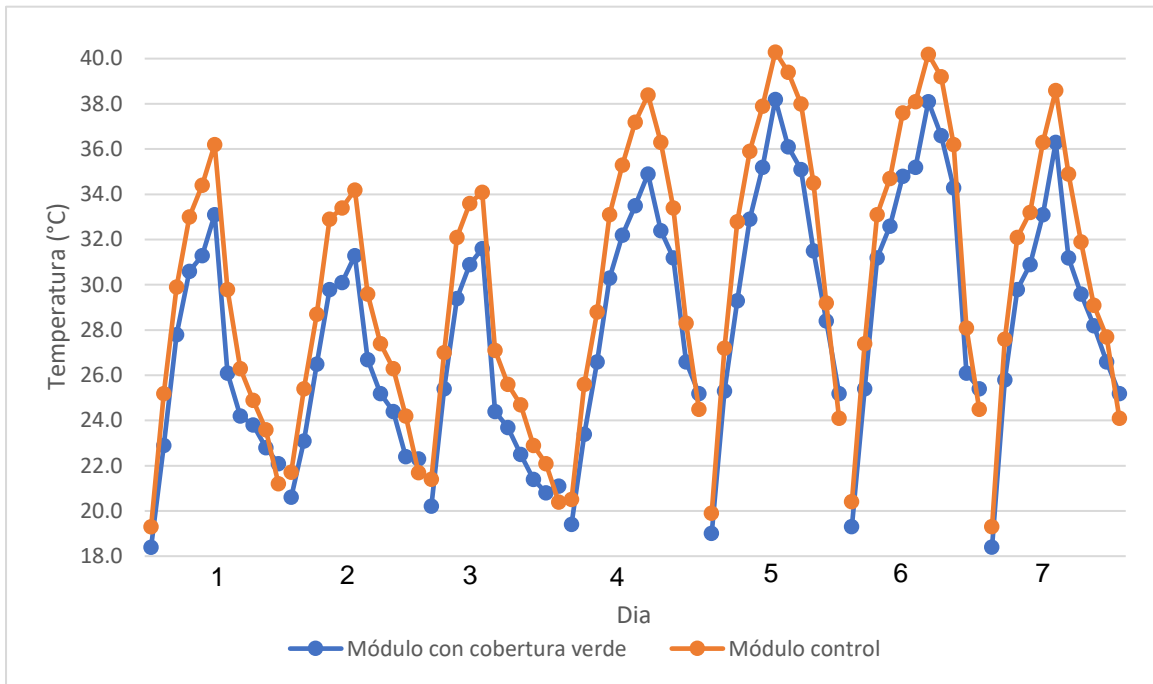


Figura 18. Representación del total de datos de la R4.

Los promedios finales de temperatura de las 4 repeticiones se presentan en la tabla 9, destacando que la mayor disminución de temperatura se dio a las 14:00 horas con - 3 °C en comparativa con el módulo control.

Se identificó un incremento de 1 °C en promedio en las horas inicial y final (08:00 y 18:00 horas), según los resultados de la tabla 9, determinando que el techo de cobertura verde no sólo ayuda a disminuir la temperatura interior en horas con mayor incidencia solar, sino también mantiene el calor cuando existen temperaturas bajas externas; tema que no es prioritario en esta investigación.

Sin contar las horas inicial y final (08:00 y 18:00 horas) en donde se incrementaron las temperaturas internas en el módulo con cobertura verde, se obtuvo que el promedio de disminución de temperatura entre las 9:00 y 17:00 horas fue de -2.0 °C a favor del módulo con cobertura verde, resultando en una

alternativa viable como adaptación al cambio climático para las proyecciones a futuro de incremento de temperatura y olas de calor.

Tabla 9. *Temperaturas promedio comparadas con la totalidad de repeticiones.*

| Horas | Diferencia de la temperatura promedio por repetición (°C) | | | | Promedio de temperatura (°C)* |
|----------|---|-----|-----|-----|-------------------------------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | |
| 08:23:14 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | + 1.0 |
| 09:23:14 | 1.1 | 0.7 | 2.1 | 2.0 | - 1.5 |
| 10:23:14 | 0.9 | 1.6 | 2.5 | 2.4 | - 1.9 |
| 11:23:14 | 1.2 | 0.8 | 2.1 | 2.6 | - 1.7 |
| 12:23:14 | 1.6 | 1.5 | 2.5 | 2.9 | - 2.1 |
| 13:23:14 | 1.9 | 3.4 | 2.9 | 2.8 | - 2.7 |
| 14:23:14 | 2.5 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | - 3.0 |
| 15:23:14 | 1.8 | 2.8 | 2.2 | 2.6 | - 2.4 |
| 16:23:14 | 1.1 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | - 1.5 |
| 17:23:14 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.4 | - 1.0 |
| 18:23:14 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | + 1.1 |

* Los signos solo representan la disminución o aumento de temperatura al interior de los módulos.

Fuente: Elaboración propia

Para la contrastación de hipótesis se utilizó la prueba T para muestras independientes cuyo criterio de interpretación establece que si el valor obtenido es menor al valor de significación (0.05) existe evidencia suficiente para rechazar la Ho. Caso contrario no se rechaza la Ho.

- Ho: La cobertura verde extensiva no influye significativamente en la temperatura interior de un módulo de material prefabricado
- H1: La cobertura verde extensiva influye significativamente en la temperatura interior de un módulo de material prefabricado

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ vs } \mu_1 \neq \mu_2$$

Aplicando el software SPSS, los resultados de la prueba T se muestran en la tabla 10:

Tabla 10: Resultados de prueba T para muestras independientes

| ESTADISTICO | VARIABLE | RESULTADOS |
|---------------------------------------|--|-------------------------|
| Prueba T para muestras independientes | Temperatura interior del módulo prefabricado | Sig.(bilateral) = 0,000 |

Fuente: Elaboración propia

A la luz de los resultados podemos sostener que la cobertura verde extensiva influye significativamente en la temperatura interior de un módulo de material prefabricado.

V. DISCUSIÓN

En base a los resultados obtenidos en la disminución de temperatura en el módulo experimental con techo de cobertura verde versus el módulo control apoyados en los antecedentes del marco teórico en función de las características necesarias para lograr este resultado, las condiciones operativas, capas y tipos de materiales necesarios, así como la especie idónea para el tipo de clima para la ciudad de Moquegua referimos las observaciones siguientes:

En la tabla 11, se comparan los resultados de la presente investigación con las investigaciones realizadas por otros autores realizadas en climas templados, secos y con veranos calientes, con presencia de desiertos, se observan disminuciones de temperatura en 3.9 °C en un año histórico y una disminución global en comparación con la temperatura exterior de 2.6 °C (Rodríguez y Baltazar 2015, p. 7), la ciudad de Moquegua presenta un tipo de clima templado, árido y con una marcada deficiencia de humedad, similar a lo descrito es que se obtuvo una disminución de temperatura aproximadamente 2 °C para los tiempos y características de los módulos evaluados. Este resultado demuestra que un techo verde correctamente aplicado para una condición del clima de la ciudad de Moquegua puede ser aprovechado por el usuario final con referencia a la adquisición de materiales y confort térmico. Chavez (2018, p. 58) afirma que la respuesta térmica en el techo de cobertura verde para una estación calurosa como el verano, tiende a mostrar mayor diferencia en respuesta por la eficiencia vegetal. Por ello, un techo de cobertura verde disminuye concentraciones de energía calorífica, lo que se demuestra en la presente investigación. Polo-Labarrios et al. (2020, p. 9) demuestra que un techo de cobertura verde ayuda a disminuir la temperatura interna por proveer un efecto de enfriamiento en la estación de verano y/o en regiones con climas cálidos, como en el caso de la ciudad de Moquegua. Además, la contribución también es energética, al proveer un confort térmico que evita el consumo moderado de aire acondicionado en las viviendas. Se menciona un aspecto importante que es la transferencia de calor a través de las paredes de la vivienda que no afecta la superficie interna del techo de cobertura verde, sin

embargo, el espesor y tipo de material tiene un gran impacto en la transferencia de calor al interior de la vivienda o edificación.

Tabla 11. Comparación de investigaciones sobre disminución de temperatura con techos de cobertura verde para climas templados y secos.

| Tipo de clima | Resultado | Fuente |
|--|--|-----------------------------------|
| Templado, árido y con una marcada deficiencia de humedad | <i>Disminución de la temperatura interior en 2°C en el módulo experimental con techo de cobertura verde.</i> | Los autores. |
| <i>Templado, verano seco y verano caliente</i> | <i>Disminución de la temperatura histórica anual en 3.9°C en el techo de cobertura verde.</i> | Rodríguez y Baltazar (2015, p. 7) |
| <i>Templado, invierno seco, verano cálido</i> | <i>Con el techo verde, disminuyó la temperatura interior en 6 °C.</i> | Gonzáles et al. (2019, p. 311) |
| <i>Templado, verano seco y verano caliente</i> | <i>La temperatura interior disminuyó en 9.9 °C con el techo verde.</i> | Sahagún (2019, p. 8) |
| <i>Templado, invierno seco y verano caliente</i> | <i>En un periodo de 1 año, la reducción promedio de disminución de temperatura fue de 2.9°C</i> | Ávila (2019, p. 135) |
| <i>Templado, sin estación seca y verano cálido</i> | <i>El techo verde disminuyó la temperatura interior en 4.3 °C en la temporada caliente.</i> | Cortés (2019, p. 29) |

Los resultados obtenidos con respecto a las primeras horas del día (08:23 y 09:23 horas aproximadamente) no presentaron mayores diferencias, manteniendo mejores condiciones internas en el módulo con cobertura. Entre las 10:23 y 15:23 horas de la tabla 5 se observa una diferencia de temperatura entre ambos módulos. La cobertura mantiene la temperatura interna en el módulo, comparado con la investigación de Sahagún (2019, p.106) se obtiene que el techo verde tiene una influencia positiva sobre la temperatura interna del módulo trabajado para la misma estación verano registrando una diferencia menor que a la temperatura de control.

La tabla 6 muestra la mayor diferencia de temperaturas entre los módulos con cobertura verde y control en la hora 13 a las 15 horas, habiendo una diferencia de 3.1 °C. Mientras que en las horas previas de 8 a 12 horas y las horas posteriores de 16 a 18 horas estas no presentan mayor variabilidad. Cortés (2019, p. 29) afirma que, en temporadas cálidas como las evaluadas en la presente investigación, un techo de cobertura extensiva disminuye la temperatura interna en hasta 4 °C en el horario de 14:00 horas en los módulos experimentales.

La tabla 7 y 8, a las 13 y 14 horas muestran una disminución de temperatura interior de 3 °C, presentando similares resultados. Esta fluctuación es obtenida por López (2020, p. 60) que afirma una diferencia en valores máximos respecto a la temperatura control durante el día de 3.1 °C, concluyendo que el óptimo comportamiento térmico lo reporta el techo de cobertura verde.

La cobertura vegetativa fue un punto importante en el diseño de un techo de cobertura verde, de acuerdo con los resultados de la presente investigación que fueron influenciados por el uso de *Sedum weinbergii* como especie resistente a sequía y de bajo mantenimiento. Estas especies son la más idóneas en la mayoría de las investigaciones para climas cálidos, secos y con alta radiación solar porque este tipo de plantas necesitan horas de luz solar elevadas y pueden sobrevivir con poca agua o riego intermitente, como el clima de la ciudad de Moquegua. Cabe señalar que esta sería la primera investigación que trabaja con esta especie.

Ávila-Hernández, et al. (2023, p.6) presenta resultados similares, al utilizar una especie de suculenta tolerante a la sequía en un techo de cobertura verde demostrando que existe una resistencia de la variación de la temperatura interna.

Con respecto a la cubierta vegetativa y capa de sustrato utilizado en la presente investigación, es usual utilizar especies adaptadas a un alto estrés hídrico los cuales son idóneos en investigaciones para afrontar un problema importante como es la degradación y compactación a mediano plazo. Ccoyllo (2022, p. 43) afirma que la capa de sustrato pierde sus propiedades, disminuyendo el rendimiento y aislamiento que impacta en el crecimiento de las plantas; para ello, en la presente investigación se utilizó sustrato ligero, compuesto por 50% de compost, 25% de tierra de cultivo y 25% de cascarilla de arroz y de fácil abono por la disposición de la cubierta vegetativa.

Por lo tanto, tomando en cuenta la variación de la temperatura ambiente a lo largo del día, el techo de cobertura verde permitió ganancias de energía que ayudaron a elevar la temperatura al interior del módulo durante las primeras horas de la mañana (08:00 horas) e inicios de la noche (18:00 horas), mientras que durante el día (09:00 a 17:00 horas) contribuyó con la reducción de la temperatura interior. Las temperaturas promedio interiores del módulo con cobertura verde fueron significativamente menores a las temperaturas promedio interiores del módulo control, resultado en la afirmación de la hipótesis planteada en la presente investigación.

Los resultados de la tabla 9 presentan las diferencias promedio de las 4 repeticiones y según el tratamiento estadístico (ver anexo 6) demuestra que existe diferencias significativas entre las temperaturas del módulo control y el módulo con cobertura verde. Por ello, afirmamos que la cobertura verde aplicada en el módulo de madera ranurada ejerce el efecto de la disminución de temperatura interior, creando confort térmico.

Finalmente, los principales beneficios que propicia la implementación de un techo de cobertura verde es la regulación térmica, demostrado en la presente investigación tiene el potencial de disminuir el consumo energético en una

vivienda al no utilizar sistemas de climatización. Valbuena y Tiabosa (2016, p 91) comentan que el amortiguamiento de la temperatura exterior sentida en el interior es el beneficio más importante que aporta un techo de cobertura verde, al propiciar el ahorro económico, hídrico y disminución de emisiones de dióxido de carbono, resultando en un retorno de capital de inversión positivo. Los beneficios de un techo de cobertura verde son idóneos y específicos como alternativas de adaptación al cambio climático, con los resultados del presente trabajo de investigación, se pudo comprobar lo mencionado.

VI. CONCLUSIONES

1. El techo de cobertura verde disminuye significativamente la temperatura interior del módulo de madera prefabricada en aproximadamente 2 °C promedio, lo que resulta en un regulación térmica sostenible.
2. La cubierta vegetativa como el *Sedum weinbergii*, especie introducida y adaptada al clima seco de Moquegua, resultó idónea para este tipo de techo verde extensivo.
3. El techo de cobertura verde es una alternativa de adaptación al cambio climático al disminuir las temperaturas en horas calurosas de la ciudad de Moquegua.
4. Las construcciones de viviendas edificadas con madera ranurada podrían adaptarse al cambio climático con la implementación de los techos de cobertura verde.

VII. RECOMENDACIONES

1. Investigar el efecto de techos de cobertura verde en módulos de vivienda ranurada a escala real en la ciudad de Moquegua.
2. Estudiar la adaptación de cubiertas vegetativas con diferentes capas de sustrato en composición y altura en la ciudad de Moquegua.
3. Diseñar un techo de cobertura verde aplicado a diferentes materiales constructivos como concreto, drywall, adobe, entre otros.
4. Estudiar la regulación térmica de los techos de cobertura verde en módulos experimentales de madera ranurada a lo largo de 4 estaciones en la ciudad de Moquegua.
5. Evaluar la regulación térmica de techos de cobertura verde aplicado a viviendas urbanas por un periodo de 2 a más años.
6. Desarrollar un proyecto de análisis de costo-beneficio de la implementación y mantenimiento de un techo de cobertura verde en zonas urbanas y periurbanas en la ciudad de Moquegua.
7. Realizar proyectos de adaptación al cambio climático dirigido a poblaciones vulnerables con enfoque en olas de calor y techos de cobertura verde en la ciudad de Moquegua.
8. Considerar el uso de materiales alternativos y económicos para la construcción de las capas del techo de cobertura verde.
9. Investigar la valorización de los beneficios de los techos de cobertura verde aplicados en zonas de expansión urbana.

REFERENCIAS

AGRA, H., SOLODAR, A., BAWAB, O., LEVY, S., KADAS, G.J., BLAUSTEIN, L. y GREENBAUM, N., 2018. Comparing grey water versus tap water and coal ash versus perlite on growth of two plant species on green roofs. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 633, pp. 1272-1279. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.03.291. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718310519>.

ALCAZAR, S.S., OLIVIERI, F. y NEILA, J., 2016. Green roofs: Experimental and analytical study of its potential for urban microclimate regulation in Mediterranean–continental climates. *Urban Climate* [en línea], vol. 17, pp. 304-317. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.uclim.2016.02.004. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095516300098>.

AMPIM, P.A.Y., SLOAN, J.J., CABRERA, R.I., HARP, D.A. y JABER, F.H., 2010. Green Roof Growing Substrates: Types, Ingredients, Composition and Properties. *Journal of Environmental Horticulture* [en línea], vol. 28, no. 4, pp. 244-252. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.24266/0738-2898-28.4.244. Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/jeh/article/28/4/244/79348/Green-Roof-Growing-Substrates-Types-Ingredients>.

ARBID, Y., RICHARD, C. y SLEIMAN, M., 2021. Towards an experimental approach for measuring the removal of urban air pollutants by green roofs. *Building and Environment* [en línea], vol. 205, pp. 108286. [Consulta: 24 septiembre 2022]. DOI 10.1016/j.buildenv.2021.108286. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132321006855>.

ÁVILA HERNÁNDEZ, A., 2019. Simulación de una vivienda con techo verde y su efecto en el confort térmico. [en línea], pp. 149. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/2436>.

ÁVILA-HERNÁNDEZ, A., SIMÁ, E. y CHÉ-PAN, M., 2023. Research and development of green roofs and green walls in Mexico: A review. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 856, pp. 158978. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI

10.1016/j.scitotenv.2022.158978. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722060776>.

BEVILACQUA, P., MAZZEO, D., BRUNO, R. y ARCURI, N., 2016. Experimental investigation of the thermal performances of an extensive green roof in the Mediterranean area. *Energy and Buildings* [en línea], vol. 122, pp. 63-79. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.enbuild.2016.03.062. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816302183>.

BERARDI, U., 2016. The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits. *Energy and Buildings* [en línea], vol. 121, pp. 217-229. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.enbuild.2016.03.021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881630158X>.

CAVADINI, G.B. y COOK, L.M., 2021. Green and cool roof choices integrated into rooftop solar energy modelling. *Applied Energy* [en línea], vol. 296, pp. 117082. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.apenergy.2021.117082. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921005341>.

CCOYLLO ROJAS, T.E., 2022. Revisión sistemática aportes de las cubiertas vegetadas (techos verdes) como alternativas de solución para las épocas de calor. Repositorio Institucional - UCV [en línea], [Consulta: 20 diembre de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85950>.

CHÁVEZ DELGADO, S., 2018. Respuesta térmica ambiental y superficial entre una azotea verde y otra de tipo convencional. [en línea], [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/5958>.

CORTÉS SOSA, K.A., 2019. Análisis del comportamiento térmico, beneficios y costos, de dos tipos de techos verdes en sistema modular, en Poza Rica, Veracruz. *Universidad Veracruzana* [en línea], pp. 86. Disponible en: https://www.uv.mx/pozarica/mca/files/2019/05/G06_KAREN-AURORA-CORTES-SOSA.pdf.

COUTTS, A.M., DALY, E., BERINGER, J. y TAPPER, N.J., 2013. Assessing practical measures to reduce urban heat: Green and cool roofs. *Building and*

Environment [en línea], vol. 70, pp. 266-276. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.buildenv.2013.08.021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132313002473>.

CRISTIANO, E., DEIDDA, R. y VIOLA, F., 2021. The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 756, pp. 143876. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.143876. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720374076>.

DU, P., ARNDT, S.K. y FARRELL, C., 2019. Is plant survival on green roofs related to their drought response, water use or climate of origin? *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 667, pp. 25-32. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.02.349. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719308575>.

GARGARI, C., BIBBIANI, C., FANTOZZI, F. y CAMPIOTTI, C.A., 2016. Environmental Impact of Green Roofing: The Contribute of a Green Roof to the Sustainable use of Natural Resources in a Life Cycle Approach. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* [en línea], vol. 8, pp. 646-656. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.aaspro.2016.02.087. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784316300870>.

GONZÁLEZ, C., WOGGE, O.G., ESCALONA, J.C.B., GAVIÑO ORTIZ, G. y HERNÁNDEZ, H., 2019. Design, construction and study of the efficiency of green panels with a monitoring system for physical variables. *Investigacion Operacional*, vol. 40, pp. 299-312. Disponible en: <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/674>

GRIMM, N.B., FAETH, S.H., GOLUBIEWSKI, N.E., REDMAN, C.L., WU, J., BAI, X. y BRIGGS, J.M., 2008. Global Change and the Ecology of Cities. *Science* [en línea], vol. 319, no. 5864, pp. 756-760. [Consulta: 24 septiembre 2022]. DOI 10.1126/science.1150195. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1150195>.

GUADALUPE RAMOS, S., 2016. Desarrollo y caracterización de un nuevo sustrato de techos verdes para generar el confort térmico al interior de edificios públicos. [en línea], Disponible en: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/625>

HE, Y., YU, H., OZAKI, A. y DONG, N., 2020. Thermal and energy performance of green roof and cool roof: A comparison study in Shanghai area. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 267, pp. 122205. [Consulta: 20 septiembre 2022]. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.122205. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620322526>.

HERRERA, J., NOLASCO, G. y VILLANUEVA-SOLIS, J., 2020. La cubierta verde como estrategia de mitigación en vivienda social ante el cambio climático. *Importancia de la infraestructura verde y la planeación para el desarrollo urbano sustentable*, pp. 85-113. [Consulta: 20 de setiembre 2022] DOI 10.47386/20203007B4. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343931549_La_cubierta_verde_como_estrategia_de_mitigacion_en_vivienda_social_ante_el_cambio_climatico

HUANG, Y.-Y., CHEN, C.-T. y LIU, W.-T., 2018. Thermal performance of extensive green roofs in a subtropical metropolitan area. *Energy and Buildings* [en línea], vol. 159, pp. 39-53. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.enbuild.2017.10.039. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817308162>.

IMRAN, H.M., KALA, J., NG, A.W.M. y MUTHUKUMARAN, S., 2018. Effectiveness of green and cool roofs in mitigating urban heat island effects during a heatwave event in the city of Melbourne in southeast Australia. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 197, pp. 393-405. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.06.179. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618318298>.

IPCC (2018). Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza

del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf

IPCC (2021). Human Influence on the Climate System. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 423–552. [Consulta: 18 de octubre de 2022]. DOI:10.1017/9781009157896.005. Disponible en: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter03.pdf

JANDAGHIAN, Z. y AKBARI, H., 2018. The effect of increasing surface albedo on urban climate and air quality: A detailed study for Sacramento, Houston, and Chicago. *Climate*, vol. 6, no. 2. DOI 10.3390/cli6020019. Scopus

KOROL, E. y SHUSHUNOVA, N., 2016. Benefits of a Modular Green Roof Technology. *Procedia Engineering* [en línea], vol. 161, pp. 1820-1826. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.proeng.2016.08.673. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816329022>.

KOSTADINOVIĆ, D., JOVANOVIĆ, M., BAKIĆ, V., STEPANIĆ, N. y TODOROVIĆ, M., 2022. Experimental investigation of summer thermal performance of the green roof system with mineral wool substrate. *Building and Environment* [en línea], vol. 217, pp. 109061. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.buildenv.2022.109061. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132322003006>.

LIU, H., KONG, F., YIN, H., MIDDEL, A., ZHENG, X., HUANG, J., XU, H., WANG, D. y WEN, Z., 2021. Impacts of green roofs on water, temperature, and air quality: A bibliometric review. *Building and Environment* [en línea], vol. 196, pp. 107794. [Consulta: 24 septiembre 2022]. DOI 10.1016/j.buildenv.2021.107794. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132321002018>.

LLACZA, A., ACUÑA, D., JÁCOME, G., De la CRUZ, G., PAREDES, J., BRUNO, J., ALVAREZ, E., FLORES, W., URDANIVIA F., SULCA B. (2021). Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1470>

LÓPEZ, D.V., 2020. A comparison of plants with different metabolism on the thermal performance of extensive Green roofs. *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada* [en línea], pp. 82. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3281>.

LÓPEZ-GONZÁLEZ, B.G., CAMACHO, A.D., MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, M.C. y MARCELIN- ARANDA, M., 2020. Techos verdes: una estrategia sustentable. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], [Consulta: 29 noviembre 2022]. DOI 10.18845/tm.v33i3.4389. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/4389.

LYNN, B.H. y LYNN, I.M., 2020. The impact of cool and green roofs on summertime temperatures in the cities of Jerusalem and Tel Aviv. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 743, pp. 140568. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.140568. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720340900>.

NAGASE, A., 2020. Novel application and reused materials for extensive green roof substrates and drainage layers in Japan – Plant growth and moisture uptake implementation –. *Ecological Engineering* [en línea], vol. 153, pp. 105898. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.ecoleng.2020.105898. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857420301865>.

OVANDO-CHACON, G.E., GARCÍA-ARELLANO, C., OVANDO-CHACON, S., PRINCE-AVELINO, J.C. y RODRIGUEZ-LEÓN, A., 2016. Análisis y simulación del comportamiento térmico en cavidades con techo con cubierta verde. *SOMIM* [en línea], pp. 586-594. Disponible en: http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A4_58.pdf

PÉREZ, G.N. 2018. Respuesta térmica de edificaciones con envolventes vegetales: cubiertas verdes y fachadas verdes. Tesis de Doctorado. Universidad de São Paulo, São Carlos, Brasil. PIER (Pacific Island Ecosystems at Risk). [consultado en 20 diciembre de 2022]. Página electrónica (http://www.hear.org/pier/species/stenotaphrum_secundatum.htm).

POLO-LABARRIOS, M.A., QUEZADA-GARCÍA, S., SÁNCHEZ-MORA, H., ESCOBEDO-IZQUIERDO, M.A. y ESPINOSA-PAREDES, G., 2020. Comparison of thermal performance between green roofs and conventional roofs. *Case Studies in Thermal Engineering* [en línea], vol. 21, pp. 100697. [Consulta: 20 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.csite.2020.100697. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X19304459>.

PORCARO, M., RUIZ DE ADANA, M., COMINO, F., PEÑA, A., MARTÍN-CONSUEGRA, E. y VANWALLEGHEM, T., 2019. Long term experimental analysis of thermal performance of extensive green roofs with different substrates in Mediterranean climate. *Energy and Buildings* [en línea], vol. 197, pp. 18-33. [Consulta: 20 diciembre 2022]. DOI 10.1016/j.enbuild.2019.05.041. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778818339112>.

PRADHAN, S., AL-GHAMDI, S.G. y MACKEY, H.R., 2019. Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: A review of the applicability and challenges. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 652, pp. 330-344. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.10.226. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718341226>.

RAHIMI, R., SALEH, M.M., ADIBHESAMI, M.A., SEPEHRI, B., KARIMI, H. y HOSSEINI, A., 2022. Researchers in Mashhad, Iran, are investigating how green roofs can enhance the quality of life in cities with arid climates. *Nature-Based Solutions* [en línea], vol. 2, pp. 100033. [Consulta: 18 octubre 2022]. DOI

10.1016/j.nbsj.2022.100033. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772411522000258>.

Resolución Ministerial N° 096-2021-MINAM. Aprobación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Perú: un insumo para la actualización de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de junio de 2021.

RODRIGUEZ, J.M. y BALTAZAR, J.-C., 2015. Analysis of the Thermal Behavior of Architectural Covers with Semi - Insulation and an Overlaid Green Layer System In Temperate Climates. *ISES Conference Proceedings*, DOI doi:10.18086/swc.2015.08.15.

SAHAGUN VALENZUELA, M.I., 2019. Análisis del comportamiento térmico de un techo verde desértico y su espesor de sustrato en el clima seco del noroeste de México. 2019 [en línea], pp. 146. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11191/5883>.

SÁNCHEZ CARLESSI, H., REYES ROMERO, C. y MEJÍA SÁENZ, K., 2018. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Universidad Ricardo Palma [en línea], [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/1480>.

SENAMHI. Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. 23 de noviembre de 2022. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

SENAMHI. Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática Nacional [en línea]. Lima: Biblioteca Nacional del Perú, 2021. [Fecha de consulta 19 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>

SUTTON, R.K., 2015. Introduction to Green Roof Ecosystems. En: R.K. SUTTON (ed.), *Green Roof Ecosystems* [en línea]. Cham: Springer International Publishing, Ecological Studies, pp. 1-25. [Consulta: 18 octubre 2022]. ISBN 9783319149837. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-14983-7_1.

TARIKU, F. y HAGOS, S., 2022. Performance of green roof installed on highly insulated roof deck and the plants' effect: An experimental study. *Building and Environment* [en línea], vol. 221, pp. 109337. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.buildenv.2022.109337. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132322005704>.

TRUJILLO-SAMAYOA, R., RANGEL-MARTÍNEZ, Y. y CASTAÑEDA-NOLASCO, G., 2015. Desempeño térmico del techo verde, una alternativa viable para la edificación, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Legado de Arquitectura y Diseño* [en línea], vol. 10, no. 18, pp. 103-114. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/14810>.

VALBUENA LESMES, S. y TIBASOSA BOLÍVAR, A.P., [2016]. Estudio de pre-factibilidad técnica, ambiental y económica para la implementación de terrazas verdes en el Centro Empresarial la Castellana de Bogotá. [en línea], [Consulta: 7 enero 2023]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3341>.

WANG, L., 2022. Exploring a knowledge map for urban resilience to climate change. *Cities* [en línea], vol. 131, pp. 104048. [Consulta: 11 febrero 2023]. DOI 10.1016/j.cities.2022.104048. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275122004875>.

ZHANG, H., LU, S., FAN, X., WU, Jian, JIANG, Y., REN, L., WU, Juying y ZHAO, H., 2021. Is sustainable extensive green roof realizable without irrigation in a temperate monsoonal climate? A case study in Beijing. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 753, pp. 142067. [Consulta: 19 octubre 2022]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.142067. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720355960>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables.

| VARIABLE DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | ESCALA/UNIDAD DE MEDIDA |
|--|--|---|-------------------------|-------------------------|
| Variable Independiente COBERTURA VERDE | Cobertura verde es una estructura compuesta por capas que involucran una cubierta de vegetación y medios de cultivo. (Skjeldrum y Kvande, 2017, p. 15) | Disposición de la cobertura verde en el techo del módulo experimental, con un área de 1.20 m ² , con la especie <i>Sedum sp.</i> Y 15 cm de sustrato compuesto de compost y tierra de cultivo. | Área de cobertura verde | m ² |
| Variable Dependiente TEMPERATURA INTERIOR | Magnitud física que expresa el grado de frío o calor de los cuerpos o del ambiente. (Real Academia Española [RAE], 2021) | Medida a 30 cm del techo, en el centro geométrico del módulo medido por un termómetro digital dattalogger de rango de 0 °C a 50°C. | Temperatura | Grados Celsius (°C) |

FUENTE: Elaboración propia

Anexo 2: Fichas de registro de recolección de datos.

| Ficha de registro de recolección de muestra | | | | | N° R1 - 01 | |
|---|----------------|--|----------------|----------|------------|----------------------|
| Proyecto de Investigación: | | Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua | | | | |
| N° total: | | 77 | | Fecha: | | 30-11-22 al 06-12-22 |
| N° de módulo: | Módulo control | | | | | |
| Ubicación | | | | | | |
| Departamento | Moquegua | Provincia | Mariscal Nieto | Distrito | Moquegua | |
| N° | Hora | Parámetro | | N° | Hora | Parámetro |
| | | Temperatura (C°) | | | | Temperatura (C°) |
| 1 | 08:23:14 | 24 | | 40 | 14:23:14 | 29.4 |
| 2 | 09:23:14 | 30.1 | | 41 | 15:23:14 | 27.6 |
| 3 | 10:23:14 | 34.2 | | 42 | 16:23:14 | 27.1 |
| 4 | 11:23:14 | 37.3 | | 43 | 17:23:14 | 26.4 |
| 5 | 12:23:14 | 39.2 | | 44 | 18:23:14 | 22.7 |
| 6 | 13:23:14 | 40.6 | | 45 | 08:23:14 | 24.9 |
| 7 | 14:23:14 | 41.4 | | 46 | 09:23:14 | 29.7 |
| 8 | 15:23:14 | 38.9 | | 47 | 10:23:14 | 33.5 |
| 9 | 16:23:14 | 33.4 | | 48 | 11:23:14 | 36.3 |
| 10 | 17:23:14 | 29.7 | | 49 | 12:23:14 | 38.2 |
| 11 | 18:23:14 | 25.1 | | 50 | 13:23:14 | 39.4 |
| 12 | 08:23:14 | 24.4 | | 51 | 14:23:14 | 40.7 |
| 13 | 09:23:14 | 29.3 | | 52 | 15:23:14 | 37.9 |
| 14 | 10:23:14 | 32.5 | | 53 | 16:23:14 | 32.6 |
| 15 | 11:23:14 | 34 | | 54 | 17:23:14 | 28.7 |
| 16 | 12:23:14 | 35.5 | | 55 | 18:23:14 | 25.1 |
| 17 | 13:23:14 | 36.8 | | 56 | 08:23:14 | 24.6 |
| 18 | 14:23:14 | 37.4 | | 57 | 09:23:14 | 30.4 |
| 19 | 15:23:14 | 32.6 | | 58 | 10:23:14 | 33.1 |
| 20 | 16:23:14 | 29.5 | | 59 | 11:23:14 | 35.6 |
| 21 | 17:23:14 | 28.2 | | 60 | 12:23:14 | 36.5 |
| 22 | 18:23:14 | 23.4 | | 61 | 13:23:14 | 37.7 |
| 23 | 08:23:14 | 24.6 | | 62 | 14:23:14 | 38.4 |
| 24 | 09:23:14 | 31.7 | | 63 | 15:23:14 | 33.9 |
| 25 | 10:23:14 | 35.6 | | 64 | 16:23:14 | 30.3 |
| 26 | 11:23:14 | 36.3 | | 65 | 17:23:14 | 27.9 |
| 27 | 12:23:14 | 33.4 | | 66 | 18:23:14 | 24.1 |
| 28 | 13:23:14 | 31.7 | | 67 | 08:23:14 | 24.2 |
| 29 | 14:23:14 | 31.1 | | 68 | 09:23:14 | 30.6 |
| 30 | 15:23:14 | 27.9 | | 69 | 10:23:14 | 34.4 |
| 31 | 16:23:14 | 26.8 | | 70 | 11:23:14 | 35.6 |
| 32 | 17:23:14 | 25.2 | | 71 | 12:23:14 | 32.8 |
| 33 | 18:23:14 | 22.7 | | 72 | 13:23:14 | 30.6 |
| 34 | 08:23:14 | 24.4 | | 73 | 14:23:14 | 30.1 |
| 35 | 09:23:14 | 31.6 | | 74 | 15:23:14 | 27.9 |
| 36 | 10:23:14 | 34.7 | | 75 | 16:23:14 | 26.4 |
| 37 | 11:23:14 | 37.2 | | 76 | 17:23:14 | 24.2 |
| 38 | 12:23:14 | 31.2 | | 77 | 18:23:14 | 21.7 |
| 39 | 13:23:14 | 28.4 | | X | X | X |

| Ficha de registro de recolección de muestra | | | | N° R1 - 02 | | |
|---|----------------------------|--|----------------|------------|------------------|----------------------|
| Proyecto de Investigación: | | Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua | | | | |
| N° total: | | 77 | | Fecha: | | 30-11-22 al 06-12-22 |
| N° de módulo: | Módulo con cobertura verde | | | | | |
| Ubicación | | | | | | |
| Departamento | Moquegua | Provincia | Mariscal Nieto | Distrito | Moquegua | |
| N° | Hora | Parámetro | N° | Hora | Parámetro | |
| | | Temperatura (C°) | | | Temperatura (C°) | |
| 1 | 08:23:14 | 24.9 | 40 | 14:23:14 | 26.1 | |
| 2 | 09:23:14 | 29.4 | 41 | 15:23:14 | 25.4 | |
| 3 | 10:23:14 | 33.4 | 42 | 16:23:14 | 25.1 | |
| 4 | 11:23:14 | 35.7 | 43 | 17:23:14 | 24.7 | |
| 5 | 12:23:14 | 37.3 | 44 | 18:23:14 | 23.2 | |
| 6 | 13:23:14 | 38.4 | 45 | 08:23:14 | 25.4 | |
| 7 | 14:23:14 | 37.1 | 46 | 09:23:14 | 28.4 | |
| 8 | 15:23:14 | 34.4 | 47 | 10:23:14 | 32.3 | |
| 9 | 16:23:14 | 31.6 | 48 | 11:23:14 | 35 | |
| 10 | 17:23:14 | 28.4 | 49 | 12:23:14 | 36.1 | |
| 11 | 18:23:14 | 25.8 | 50 | 13:23:14 | 37.4 | |
| 12 | 08:23:14 | 25 | 51 | 14:23:14 | 38.9 | |
| 13 | 09:23:14 | 28.1 | 52 | 15:23:14 | 36.4 | |
| 14 | 10:23:14 | 31.6 | 53 | 16:23:14 | 31.6 | |
| 15 | 11:23:14 | 33.4 | 54 | 17:23:14 | 27.6 | |
| 16 | 12:23:14 | 34.6 | 55 | 18:23:14 | 26.4 | |
| 17 | 13:23:14 | 34.9 | 56 | 08:23:14 | 25.1 | |
| 18 | 14:23:14 | 36.7 | 57 | 09:23:14 | 29.6 | |
| 19 | 15:23:14 | 33.1 | 58 | 10:23:14 | 32.8 | |
| 20 | 16:23:14 | 31.4 | 59 | 11:23:14 | 34.5 | |
| 21 | 17:23:14 | 29.1 | 60 | 12:23:14 | 34.4 | |
| 22 | 18:23:14 | 25.4 | 61 | 13:23:14 | 35.6 | |
| 23 | 08:23:14 | 25.4 | 62 | 14:23:14 | 36.7 | |
| 24 | 09:23:14 | 30.6 | 63 | 15:23:14 | 31.5 | |
| 25 | 10:23:14 | 34.5 | 64 | 16:23:14 | 28.4 | |
| 26 | 11:23:14 | 35.7 | 65 | 17:23:14 | 26.4 | |
| 27 | 12:23:14 | 33.4 | 66 | 18:23:14 | 25.6 | |
| 28 | 13:23:14 | 30.6 | 67 | 08:23:14 | 25.1 | |
| 29 | 14:23:14 | 27.4 | 68 | 09:23:14 | 29.4 | |
| 30 | 15:23:14 | 26.7 | 69 | 10:23:14 | 33.6 | |
| 31 | 16:23:14 | 24.9 | 70 | 11:23:14 | 34.7 | |
| 32 | 17:23:14 | 24.6 | 71 | 12:23:14 | 30.6 | |
| 33 | 18:23:14 | 23.2 | 72 | 13:23:14 | 28.4 | |
| 34 | 08:23:14 | 25.3 | 73 | 14:23:14 | 27.1 | |
| 35 | 09:23:14 | 30.4 | 74 | 15:23:14 | 26.4 | |
| 36 | 10:23:14 | 33.8 | 75 | 16:23:14 | 25.7 | |
| 37 | 11:23:14 | 36.3 | 76 | 17:23:14 | 24.5 | |
| 38 | 12:23:14 | 29.4 | 77 | 18:23:14 | 23.1 | |
| 39 | 13:23:14 | 27.6 | X | X | X | |

| Ficha de registro de recolección de muestra | | | | | N° R2 - 01 | |
|---|----------------|--|----------------|----------|------------|----------------------|
| Proyecto de Investigación: | | Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua | | | | |
| N° total: | | 77 | | Fecha: | | 07-12-22 al 13-12-22 |
| N° de módulo: | Módulo control | | | | | |
| Ubicación | | | | | | |
| Departamento | Moquegua | Provincia | Mariscal Nieto | Distrito | Moquegua | |
| N° | Hora | Parámetro | | N° | Hora | Parámetro |
| | | Temperatura (C°) | | | | Temperatura (C°) |
| 1 | 08:23:14 | 24.6 | | 40 | 14:23:14 | 32.7 |
| 2 | 09:23:14 | 31.4 | | 41 | 15:23:14 | 28.2 |
| 3 | 10:23:14 | 34.9 | | 42 | 16:23:14 | 24 |
| 4 | 11:23:14 | 36.6 | | 43 | 17:23:14 | 22.3 |
| 5 | 12:23:14 | 32.2 | | 44 | 18:23:14 | 21 |
| 6 | 13:23:14 | 30.7 | | 45 | 08:23:14 | 24.3 |
| 7 | 14:23:14 | 28.5 | | 46 | 09:23:14 | 30.4 |
| 8 | 15:23:14 | 26.4 | | 47 | 10:23:14 | 33 |
| 9 | 16:23:14 | 26 | | 48 | 11:23:14 | 35.2 |
| 10 | 17:23:14 | 25.6 | | 49 | 12:23:14 | 36.4 |
| 11 | 18:23:14 | 22.5 | | 50 | 13:23:14 | 37.9 |
| 12 | 08:23:14 | 24.1 | | 51 | 14:23:14 | 38.5 |
| 13 | 09:23:14 | 29.7 | | 52 | 15:23:14 | 33.7 |
| 14 | 10:23:14 | 33.9 | | 53 | 16:23:14 | 30.6 |
| 15 | 11:23:14 | 36.2 | | 54 | 17:23:14 | 27.3 |
| 16 | 12:23:14 | 38 | | 55 | 18:23:14 | 24.5 |
| 17 | 13:23:14 | 39.9 | | 56 | 08:23:14 | 24 |
| 18 | 14:23:14 | 40.3 | | 57 | 09:23:14 | 29.2 |
| 19 | 15:23:14 | 37.3 | | 58 | 10:23:14 | 33.2 |
| 20 | 16:23:14 | 32.5 | | 59 | 11:23:14 | 36.4 |
| 21 | 17:23:14 | 28.8 | | 60 | 12:23:14 | 38.1 |
| 22 | 18:23:14 | 25.7 | | 61 | 13:23:14 | 39.7 |
| 23 | 08:23:14 | 24.5 | | 62 | 14:23:14 | 40.5 |
| 24 | 09:23:14 | 30.2 | | 63 | 15:23:14 | 37.5 |
| 25 | 10:23:14 | 32.7 | | 64 | 16:23:14 | 32.5 |
| 26 | 11:23:14 | 35.6 | | 65 | 17:23:14 | 28.6 |
| 27 | 12:23:14 | 36.2 | | 66 | 18:23:14 | 25.3 |
| 28 | 13:23:14 | 38.7 | | 67 | 08:23:14 | 24.4 |
| 29 | 14:23:14 | 39.5 | | 68 | 09:23:14 | 31.1 |
| 30 | 15:23:14 | 34.6 | | 69 | 10:23:14 | 34.8 |
| 31 | 16:23:14 | 31 | | 70 | 11:23:14 | 36.9 |
| 32 | 17:23:14 | 27.2 | | 71 | 12:23:14 | 34.4 |
| 33 | 18:23:14 | 24.8 | | 72 | 13:23:14 | 31.6 |
| 34 | 08:23:14 | 24.2 | | 73 | 14:23:14 | 29.3 |
| 35 | 09:23:14 | 29.5 | | 74 | 15:23:14 | 28.8 |
| 36 | 10:23:14 | 33.7 | | 75 | 16:23:14 | 27.4 |
| 37 | 11:23:14 | 36 | | 76 | 17:23:14 | 25.4 |
| 38 | 12:23:14 | 38.4 | | 77 | 18:23:14 | 22.5 |
| 39 | 13:23:14 | 36.2 | | X | X | X |

| Ficha de registro de recolección de muestra | | | | N° R2 - 02 | |
|---|----------------------------|--|----------------|------------|-------------------------------|
| Proyecto de Investigación: | | Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua | | | |
| N° total: | | 77 | | Fecha: | 07-12-22 al 13-12-22 |
| N° de módulo: | Módulo con cobertura verde | | | | |
| Ubicación | | | | | |
| Departamento | Moquegua | Provincia | Mariscal Nieto | Distrito | Moquegua |
| N° | Hora | Parámetro Temperatura (C°) | N° | Hora | Parámetro Temperatura (C°) |
| 1 | 08:23:14 | 25.4 | 40 | 14:23:14 | 29.6 |
| 2 | 09:23:14 | 30.6 | 41 | 15:23:14 | 26.4 |
| 3 | 10:23:14 | 32.1 | 42 | 16:23:14 | 22.1 |
| 4 | 11:23:14 | 35.4 | 43 | 17:23:14 | 21.4 |
| 5 | 12:23:14 | 31.1 | 44 | 18:23:14 | 22.6 |
| 6 | 13:23:14 | 27.4 | 45 | 08:23:14 | 25.2 |
| 7 | 14:23:14 | 26.1 | 46 | 09:23:14 | 29.4 |
| 8 | 15:23:14 | 25.1 | 47 | 10:23:14 | 32.1 |
| 9 | 16:23:14 | 24.7 | 48 | 11:23:14 | 34.6 |
| 10 | 17:23:14 | 24 | 49 | 12:23:14 | 34.2 |
| 11 | 18:23:14 | 23.8 | 50 | 13:23:14 | 35.4 |
| 12 | 08:23:14 | 25.2 | 51 | 14:23:14 | 36.7 |
| 13 | 09:23:14 | 28.4 | 52 | 15:23:14 | 31.1 |
| 14 | 10:23:14 | 32.5 | 53 | 16:23:14 | 28.4 |
| 15 | 11:23:14 | 36.6 | 54 | 17:23:14 | 26.1 |
| 16 | 12:23:14 | 37.8 | 55 | 18:23:14 | 25.4 |
| 17 | 13:23:14 | 37.9 | 56 | 08:23:14 | 24.9 |
| 18 | 14:23:14 | 39.1 | 57 | 09:23:14 | 28.8 |
| 19 | 15:23:14 | 36 | 58 | 10:23:14 | 31.2 |
| 20 | 16:23:14 | 31.4 | 59 | 11:23:14 | 33.6 |
| 21 | 17:23:14 | 27.6 | 60 | 12:23:14 | 34.5 |
| 22 | 18:23:14 | 25.9 | 61 | 13:23:14 | 35.9 |
| 23 | 08:23:14 | 25.6 | 62 | 14:23:14 | 36.9 |
| 24 | 09:23:14 | 29.4 | 63 | 15:23:14 | 29.3 |
| 25 | 10:23:14 | 31.5 | 64 | 16:23:14 | 28.7 |
| 26 | 11:23:14 | 34.4 | 65 | 17:23:14 | 27.2 |
| 27 | 12:23:14 | 34.9 | 66 | 18:23:14 | 26 |
| 28 | 13:23:14 | 35.6 | 67 | 08:23:14 | 25 |
| 29 | 14:23:14 | 36.7 | 68 | 09:23:14 | 30.1 |
| 30 | 15:23:14 | 32.5 | 69 | 10:23:14 | 33.4 |
| 31 | 16:23:14 | 29.4 | 70 | 11:23:14 | 34.5 |
| 32 | 17:23:14 | 26.7 | 71 | 12:23:14 | 33.4 |
| 33 | 18:23:14 | 25.9 | 72 | 13:23:14 | 28.8 |
| 34 | 08:23:14 | 25.3 | 73 | 14:23:14 | 27.7 |
| 35 | 09:23:14 | 29.7 | 74 | 15:23:14 | 26.7 |
| 36 | 10:23:14 | 32.1 | 75 | 16:23:14 | 26.6 |
| 37 | 11:23:14 | 35.4 | 76 | 17:23:14 | 26.4 |
| 38 | 12:23:14 | 36.1 | 77 | 18:23:14 | 25.3 |
| 39 | 13:23:14 | 33.1 | X | X | X |

| Ficha de registro de recolección de muestra | | | | | N° R3 - 01 | |
|---|----------------|--|----------------|----------|------------------|----------------------|
| Proyecto de Investigación: | | Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua | | | | |
| N° total: | | 77 | | Fecha: | | 15-12-22 al 21-12-22 |
| N° de módulo: | Módulo control | | | | | |
| Ubicación | | | | | | |
| Departamento | Moquegua | Provincia | Mariscal Nieto | Distrito | Moquegua | |
| N° | Hora | Parámetro | N° | Hora | Parámetro | |
| | | Temperatura (C°) | | | Temperatura (C°) | |
| 1 | 08:23:14 | 23.6 | 40 | 14:23:14 | 31.2 | |
| 2 | 09:23:14 | 30.4 | 41 | 15:23:14 | 28.3 | |
| 3 | 10:23:14 | 33.2 | 42 | 16:23:14 | 26.4 | |
| 4 | 11:23:14 | 35.1 | 43 | 17:23:14 | 24.6 | |
| 5 | 12:23:14 | 36.6 | 44 | 18:23:14 | 22.6 | |
| 6 | 13:23:14 | 38.1 | 45 | 08:23:14 | 21.9 | |
| 7 | 14:23:14 | 39.1 | 46 | 09:23:14 | 28.6 | |
| 8 | 15:23:14 | 33.6 | 47 | 10:23:14 | 32.5 | |
| 9 | 16:23:14 | 30.4 | 48 | 11:23:14 | 35 | |
| 10 | 17:23:14 | 27.3 | 49 | 12:23:14 | 36.3 | |
| 11 | 18:23:14 | 22.4 | 50 | 13:23:14 | 39.4 | |
| 12 | 08:23:14 | 23.1 | 51 | 14:23:14 | 38.1 | |
| 13 | 09:23:14 | 27.6 | 52 | 15:23:14 | 35.7 | |
| 14 | 10:23:14 | 28.4 | 53 | 16:23:14 | 32.9 | |
| 15 | 11:23:14 | 32.6 | 54 | 17:23:14 | 29 | |
| 16 | 12:23:14 | 34.1 | 55 | 18:23:14 | 24.2 | |
| 17 | 13:23:14 | 33.4 | 56 | 08:23:14 | 20.4 | |
| 18 | 14:23:14 | 31.8 | 57 | 09:23:14 | 28 | |
| 19 | 15:23:14 | 29.4 | 58 | 10:23:14 | 31.7 | |
| 20 | 16:23:14 | 28.6 | 59 | 11:23:14 | 33.6 | |
| 21 | 17:23:14 | 27.9 | 60 | 12:23:14 | 36 | |
| 22 | 18:23:14 | 25.1 | 61 | 13:23:14 | 38.1 | |
| 23 | 08:23:14 | 22.8 | 62 | 14:23:14 | 39.6 | |
| 24 | 09:23:14 | 25.6 | 63 | 15:23:14 | 38.1 | |
| 25 | 10:23:14 | 31.4 | 64 | 16:23:14 | 35.4 | |
| 26 | 11:23:14 | 33.4 | 65 | 17:23:14 | 27.1 | |
| 27 | 12:23:14 | 34.2 | 66 | 18:23:14 | 23.2 | |
| 28 | 13:23:14 | 37.1 | 67 | 08:23:14 | 19.9 | |
| 29 | 14:23:14 | 35.7 | 68 | 09:23:14 | 26.6 | |
| 30 | 15:23:14 | 32.8 | 69 | 10:23:14 | 31.4 | |
| 31 | 16:23:14 | 30.1 | 70 | 11:23:14 | 33.8 | |
| 32 | 17:23:14 | 27.6 | 71 | 12:23:14 | 35.4 | |
| 33 | 18:23:14 | 24.1 | 72 | 13:23:14 | 37.6 | |
| 34 | 08:23:14 | 22.1 | 73 | 14:23:14 | 34.2 | |
| 35 | 09:23:14 | 28.9 | 74 | 15:23:14 | 31.8 | |
| 36 | 10:23:14 | 33.3 | 75 | 16:23:14 | 30.4 | |
| 37 | 11:23:14 | 34.5 | 76 | 17:23:14 | 26.7 | |
| 38 | 12:23:14 | 35.8 | 77 | 18:23:14 | 23.2 | |
| 39 | 13:23:14 | 34.6 | X | X | X | |

| Ficha de registro de recolección de muestra | | | | N° R3 - 02 | |
|---|----------------------------|--|----------------|------------|-------------------------------|
| Proyecto de Investigación: | | Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua | | | |
| N° total: | | 77 | | Fecha: | 15-12-22 al 21-12-22 |
| N° de módulo: | Módulo con cobertura verde | | | | |
| Ubicación | | | | | |
| Departamento | Moquegua | Provincia | Mariscal Nieto | Distrito | Moquegua |
| N° | Hora | Parámetro Temperatura (C°) | N° | Hora | Parámetro Temperatura (C°) |
| 1 | 08:23:14 | 22.7 | 40 | 14:23:14 | 28.4 |
| 2 | 09:23:14 | 28.1 | 41 | 15:23:14 | 26.1 |
| 3 | 10:23:14 | 31.4 | 42 | 16:23:14 | 25.6 |
| 4 | 11:23:14 | 33.3 | 43 | 17:23:14 | 23.7 |
| 5 | 12:23:14 | 33.8 | 44 | 18:23:14 | 23.1 |
| 6 | 13:23:14 | 36.1 | 45 | 08:23:14 | 20.7 |
| 7 | 14:23:14 | 35.8 | 46 | 09:23:14 | 26.1 |
| 8 | 15:23:14 | 31.7 | 47 | 10:23:14 | 30.1 |
| 9 | 16:23:14 | 29.4 | 48 | 11:23:14 | 33.2 |
| 10 | 17:23:14 | 26.2 | 49 | 12:23:14 | 33.8 |
| 11 | 18:23:14 | 23.8 | 50 | 13:23:14 | 36.7 |
| 12 | 08:23:14 | 22.4 | 51 | 14:23:14 | 35.1 |
| 13 | 09:23:14 | 25.7 | 52 | 15:23:14 | 33.8 |
| 14 | 10:23:14 | 26.3 | 53 | 16:23:14 | 31.1 |
| 15 | 11:23:14 | 29.7 | 54 | 17:23:14 | 28.2 |
| 16 | 12:23:14 | 31.6 | 55 | 18:23:14 | 25.5 |
| 17 | 13:23:14 | 30.3 | 56 | 08:23:14 | 19.4 |
| 18 | 14:23:14 | 28.9 | 57 | 09:23:14 | 26.1 |
| 19 | 15:23:14 | 28.1 | 58 | 10:23:14 | 29.2 |
| 20 | 16:23:14 | 27.7 | 59 | 11:23:14 | 31.4 |
| 21 | 17:23:14 | 26.6 | 60 | 12:23:14 | 33.2 |
| 22 | 18:23:14 | 25.9 | 61 | 13:23:14 | 34.8 |
| 23 | 08:23:14 | 21.7 | 62 | 14:23:14 | 37.4 |
| 24 | 09:23:14 | 23.8 | 63 | 15:23:14 | 35.2 |
| 25 | 10:23:14 | 29.1 | 64 | 16:23:14 | 32.3 |
| 26 | 11:23:14 | 31.3 | 65 | 17:23:14 | 26.2 |
| 27 | 12:23:14 | 32.4 | 66 | 18:23:14 | 24.1 |
| 28 | 13:23:14 | 33.8 | 67 | 08:23:14 | 18.9 |
| 29 | 14:23:14 | 31.6 | 68 | 09:23:14 | 24.7 |
| 30 | 15:23:14 | 30.7 | 69 | 10:23:14 | 29.4 |
| 31 | 16:23:14 | 28.3 | 70 | 11:23:14 | 32.3 |
| 32 | 17:23:14 | 26.8 | 71 | 12:23:14 | 33.2 |
| 33 | 18:23:14 | 25.2 | 72 | 13:23:14 | 35.1 |
| 34 | 08:23:14 | 20.7 | 73 | 14:23:14 | 31.3 |
| 35 | 09:23:14 | 26.2 | 74 | 15:23:14 | 29.1 |
| 36 | 10:23:14 | 29.1 | 75 | 16:23:14 | 28.2 |
| 37 | 11:23:14 | 32.4 | 76 | 17:23:14 | 25.7 |
| 38 | 12:23:14 | 33.9 | 77 | 18:23:14 | 24.4 |
| 39 | 13:23:14 | 31.2 | X | X | X |

| Ficha de registro de recolección de muestra | | | | | N° R4 - 01 | |
|---|----------------|--|----------------|----------|----------------------|------------------|
| Proyecto de Investigación: | | Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua | | | | |
| N° total: | | 77 | | Fecha: | 22-12-22 al 28-12-22 | |
| N° de módulo: | Módulo control | | | | | |
| Ubicación | | | | | | |
| Departamento | Moquegua | Provincia | Mariscal Nieto | Distrito | Moquegua | |
| N° | Hora | Parámetro | | N° | Hora | Parámetro |
| | | Temperatura (C°) | | | | Temperatura (C°) |
| 1 | 08:23:14 | 19.3 | | 40 | 14:23:14 | 38.4 |
| 2 | 09:23:14 | 25.2 | | 41 | 15:23:14 | 36.3 |
| 3 | 10:23:14 | 29.9 | | 42 | 16:23:14 | 33.4 |
| 4 | 11:23:14 | 33 | | 43 | 17:23:14 | 28.3 |
| 5 | 12:23:14 | 34.4 | | 44 | 18:23:14 | 24.5 |
| 6 | 13:23:14 | 36.2 | | 45 | 08:23:14 | 19.9 |
| 7 | 14:23:14 | 29.8 | | 46 | 09:23:14 | 27.2 |
| 8 | 15:23:14 | 26.3 | | 47 | 10:23:14 | 32.8 |
| 9 | 16:23:14 | 24.9 | | 48 | 11:23:14 | 35.9 |
| 10 | 17:23:14 | 23.6 | | 49 | 12:23:14 | 37.9 |
| 11 | 18:23:14 | 21.2 | | 50 | 13:23:14 | 40.3 |
| 12 | 08:23:14 | 21.7 | | 51 | 14:23:14 | 39.4 |
| 13 | 09:23:14 | 25.4 | | 52 | 15:23:14 | 38 |
| 14 | 10:23:14 | 28.7 | | 53 | 16:23:14 | 34.5 |
| 15 | 11:23:14 | 32.9 | | 54 | 17:23:14 | 29.2 |
| 16 | 12:23:14 | 33.4 | | 55 | 18:23:14 | 24.1 |
| 17 | 13:23:14 | 34.2 | | 56 | 08:23:14 | 20.4 |
| 18 | 14:23:14 | 29.6 | | 57 | 09:23:14 | 27.4 |
| 19 | 15:23:14 | 27.4 | | 58 | 10:23:14 | 33.1 |
| 20 | 16:23:14 | 26.3 | | 59 | 11:23:14 | 34.7 |
| 21 | 17:23:14 | 24.2 | | 60 | 12:23:14 | 37.6 |
| 22 | 18:23:14 | 21.7 | | 61 | 13:23:14 | 38.1 |
| 23 | 08:23:14 | 21.4 | | 62 | 14:23:14 | 40.2 |
| 24 | 09:23:14 | 27 | | 63 | 15:23:14 | 39.2 |
| 25 | 10:23:14 | 32.1 | | 64 | 16:23:14 | 36.2 |
| 26 | 11:23:14 | 33.6 | | 65 | 17:23:14 | 28.1 |
| 27 | 12:23:14 | 34.1 | | 66 | 18:23:14 | 24.5 |
| 28 | 13:23:14 | 27.1 | | 67 | 08:23:14 | 19.3 |
| 29 | 14:23:14 | 25.6 | | 68 | 09:23:14 | 27.6 |
| 30 | 15:23:14 | 24.7 | | 69 | 10:23:14 | 32.1 |
| 31 | 16:23:14 | 22.9 | | 70 | 11:23:14 | 33.2 |
| 32 | 17:23:14 | 22.1 | | 71 | 12:23:14 | 36.3 |
| 33 | 18:23:14 | 20.4 | | 72 | 13:23:14 | 38.6 |
| 34 | 08:23:14 | 20.5 | | 73 | 14:23:14 | 34.9 |
| 35 | 09:23:14 | 25.6 | | 74 | 15:23:14 | 31.9 |
| 36 | 10:23:14 | 28.8 | | 75 | 16:23:14 | 29.1 |
| 37 | 11:23:14 | 33.1 | | 76 | 17:23:14 | 27.7 |
| 38 | 12:23:14 | 35.3 | | 77 | 18:23:14 | 24.1 |
| 39 | 13:23:14 | 37.2 | | X | X | X |

| Ficha de registro de recolección de muestra | | | | | N° R4 - 02 | |
|---|----------------------------|--|----------------|----------|----------------------|------------------|
| Proyecto de Investigación: | | Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua | | | | |
| N° total: | | 77 | | Fecha: | 22-12-22 al 28-12-22 | |
| N° de módulo: | Módulo con cobertura verde | | | | | |
| Ubicación | | | | | | |
| Departamento | Moquegua | Provincia | Mariscal Nieto | Distrito | Moquegua | |
| N° | Hora | Parámetro | | N° | Hora | Parámetro |
| | | Temperatura (C°) | | | | Temperatura (C°) |
| 1 | 08:23:14 | 18.4 | 40 | 14:23:14 | 34.9 | |
| 2 | 09:23:14 | 22.9 | 41 | 15:23:14 | 32.4 | |
| 3 | 10:23:14 | 27.8 | 42 | 16:23:14 | 31.2 | |
| 4 | 11:23:14 | 30.6 | 43 | 17:23:14 | 26.6 | |
| 5 | 12:23:14 | 31.3 | 44 | 18:23:14 | 25.2 | |
| 6 | 13:23:14 | 33.1 | 45 | 08:23:14 | 19 | |
| 7 | 14:23:14 | 26.1 | 46 | 09:23:14 | 25.3 | |
| 8 | 15:23:14 | 24.2 | 47 | 10:23:14 | 29.3 | |
| 9 | 16:23:14 | 23.8 | 48 | 11:23:14 | 32.9 | |
| 10 | 17:23:14 | 22.8 | 49 | 12:23:14 | 35.2 | |
| 11 | 18:23:14 | 22.1 | 50 | 13:23:14 | 38.2 | |
| 12 | 08:23:14 | 20.6 | 51 | 14:23:14 | 36.1 | |
| 13 | 09:23:14 | 23.1 | 52 | 15:23:14 | 35.1 | |
| 14 | 10:23:14 | 26.5 | 53 | 16:23:14 | 31.5 | |
| 15 | 11:23:14 | 29.8 | 54 | 17:23:14 | 28.4 | |
| 16 | 12:23:14 | 30.1 | 55 | 18:23:14 | 25.2 | |
| 17 | 13:23:14 | 31.3 | 56 | 08:23:14 | 19.3 | |
| 18 | 14:23:14 | 26.7 | 57 | 09:23:14 | 25.4 | |
| 19 | 15:23:14 | 25.2 | 58 | 10:23:14 | 31.2 | |
| 20 | 16:23:14 | 24.4 | 59 | 11:23:14 | 32.6 | |
| 21 | 17:23:14 | 22.4 | 60 | 12:23:14 | 34.8 | |
| 22 | 18:23:14 | 22.3 | 61 | 13:23:14 | 35.2 | |
| 23 | 08:23:14 | 20.2 | 62 | 14:23:14 | 38.1 | |
| 24 | 09:23:14 | 25.4 | 63 | 15:23:14 | 36.6 | |
| 25 | 10:23:14 | 29.4 | 64 | 16:23:14 | 34.3 | |
| 26 | 11:23:14 | 30.9 | 65 | 17:23:14 | 26.1 | |
| 27 | 12:23:14 | 31.6 | 66 | 18:23:14 | 25.4 | |
| 28 | 13:23:14 | 24.4 | 67 | 08:23:14 | 18.4 | |
| 29 | 14:23:14 | 23.7 | 68 | 09:23:14 | 25.8 | |
| 30 | 15:23:14 | 22.5 | 69 | 10:23:14 | 29.8 | |
| 31 | 16:23:14 | 21.4 | 70 | 11:23:14 | 30.9 | |
| 32 | 17:23:14 | 20.8 | 71 | 12:23:14 | 33.1 | |
| 33 | 18:23:14 | 21.1 | 72 | 13:23:14 | 36.3 | |
| 34 | 08:23:14 | 19.4 | 73 | 14:23:14 | 31.2 | |
| 35 | 09:23:14 | 23.4 | 74 | 15:23:14 | 29.6 | |
| 36 | 10:23:14 | 26.6 | 75 | 16:23:14 | 28.2 | |
| 37 | 11:23:14 | 30.3 | 76 | 17:23:14 | 26.6 | |
| 38 | 12:23:14 | 32.2 | 77 | 18:23:14 | 25.2 | |
| 39 | 13:23:14 | 33.5 | X | X | X | |

Anexo 3: Investigaciones de la variación térmica por techos de cobertura verde.

| Tipo de clima | Capa vegetativa | Capa de Sustrato y profundidad | Resultado | Fuente |
|--|---|--|--|--|
| <i>Templado, verano seco y verano caliente</i> | <i>Sedum praealtum, Rosmarinus officinalis, Acacia farnesiana, Echinocactus, Kalanchoe daigremontiana</i> | <i>Tierra de la zona de estudio, 12 - 55 cm</i> | <i>Disminución de la temperatura en 4°C en el techo de cobertura verde</i> | <i>Rodríguez y Baltazar (2015, p. 3)</i> |
| <i>Árido, estepa fría.</i> | <i>Aptenia cordifolia</i> | <i>Arcilla con materia orgánica y arena, 10, 15, 20 cm</i> | <i>Disminución de la temperatura en 2.5 °C para 15 cm de profundidad, 1.3 °C para la capa de 20 cm y ninguna disminución para la capa de 10 cm</i> | <i>Guadalupe (2016, p. 56 - 62)</i> |
| | <i>Lolium perenne</i> | <i>15 cm de profundidad de sustrato</i> | <i>La diferencia de temperatura fue de 21°C en verano y 6.1 °C en invierno.</i> | <i>Chavez (2018, p. 62)</i> |

| | | | | |
|--|--|---------------------------------|---|---|
| <i>Templado, sin estación seca y verano cálido</i> | - | - | <i>La temperatura interior disminuyó en 14 °K comparado con techos convencionales.</i> | <i>Polo- Labarrios et al. (2020, p. 10)</i> |
| <i>Tropical, sabana</i> | - | - | <i>La temperatura interior máxima ocurrió con una diferencia de 10 °C.</i> | <i>Ovando et al. (2016, p. 592)</i> |
| <i>Templado, invierno seco, verano cálido</i> | <i>Pennisetum clandestinum</i> | - | <i>Con el techo verde, disminuyó la temperatura interior en 6 °C.</i> | <i>González et al. (2019, p. 310)</i> |
| <i>Templado, verano seco y verano caliente</i> | <i>Pennisetum setaceum, Portulaca umbraticola, Yucca baccata</i> | <i>16 cm de profundidad</i> | <i>La temperatura interior disminuyó en 9.9 °C con el techo verde.</i> | <i>Sahagún (2019, p. 8)</i> |
| <i>Templado, invierno seco y verano caliente</i> | <i>Aeonium subplanum</i> | <i>6 cm de profundidad</i> | <i>En un periodo de 1 año, la reducción promedio de disminución de temperatura fue de 2.9°C</i> | <i>Ávila (2019, p. 135)</i> |

| | | | | |
|--|--|---|---|---------------------------------------|
| <i>Tropical, sabana</i> | <i>Peennisetum clandestinum</i> | <i>Tierra de la zona de estudio, 10 cm de profundidad</i> | <i>La temperatura interior de la estructura con un techo verde disminuyó en 19.68 °C comparativa con un techo de hormigón</i> | <i>Trujillo et al. (2015, p. 111)</i> |
| <i>Templado, sin estación seca y verano cálido</i> | <i>Catharanthus roseus, Kalanchoe blossfeldiana, Pennisetum clandestinum</i> | <i>20 cm de profundidad</i> | <i>El techo verde disminuyó la temperatura interior en 4.3 °C en la temporada caliente y en 2 °C en la estación fría.</i> | <i>Cortés, 2019, p. 29</i> |
| <i>Árido, estepa fría.</i> | <i>Salicornia pacifica, Sedum acre</i> | <i>Vermicompos ta, perlita y vermiculita, 10 cm de profundidad.</i> | <i>La temperatura interior disminuyó en 9.3 °C comparado con un techo común.</i> | <i>López, 2020, p. 68</i> |

Anexo 4: Ubicación de los módulos experimentales.



Fuente: Google Earth

Anexo 5: Prueba T para los resultados de medición de temperatura interior de los módulos 1 y 2 contrastadas con las mediciones de SENAMHI.

Módulo 1 - SENAMHI

Estadísticos de grupo

| | grupos | N | Media | Desviación t _{íp.} | Error t _{íp.} de la media |
|-------------|----------|----|---------|-----------------------------|------------------------------------|
| temperatura | modulo 1 | 11 | 22,9273 | 1,99754 | ,60228 |
| | senamhi | 11 | 22,9545 | 2,12291 | ,64008 |

Prueba de muestras independientes

| | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|--------|------------------|----------------------|---|---|----------|
| | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error t _{íp.} de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Se han asumido varianzas iguales | ,094 | ,762 | -,031 | 20 | ,976 | -,02727 | ,87889 | -1,86060 | 1,80606 |
| No se han asumido varianzas iguales | | | -,031 | 19,926 | ,976 | -,02727 | ,87889 | -1,86104 | 1,80649 |

Módulo 2 – SENAMHI

Estadísticos de grupo

| | grupos | N | Media | Desviación t _{íp.} | Error t _{íp.} de la media |
|-------------|----------|----|---------|-----------------------------|------------------------------------|
| temperatura | modulo 2 | 11 | 23,0727 | 1,83907 | ,55450 |
| | senamhi | 11 | 22,9545 | 2,12291 | ,64008 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|--------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|----------|
| | | F | Sig. | t | gl. | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| temperatura | Se han asumido varianzas iguales | ,350 | ,561 | ,140 | 20 | ,890 | ,11818 | ,84686 | -1,64834 | 1,88470 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | ,140 | 19,602 | ,890 | ,11818 | ,84686 | -1,65064 | 1,88701 |

Módulo 1 – módulo 2

Estadísticos de grupo

| | grupos | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-------------|----------|----|---------|-----------------|------------------------|
| temperatura | modulo 1 | 11 | 22,9273 | 1,99754 | ,60228 |
| | modulo 2 | 11 | 23,0727 | 1,83907 | ,55450 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|--------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|----------|
| | | F | Sig. | t | gl. | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| temperatura | Se han asumido varianzas iguales | ,074 | ,789 | -,178 | 20 | ,861 | -,14545 | ,81867 | -1,85316 | 1,56225 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -,178 | 19,865 | ,861 | -,14545 | ,81867 | -1,85391 | 1,56300 |

Anexo 6: Prueba T para los resultados del modulo control y módulo con cobertura verde durante las repeticiones R1, R2, R3 y R4.

Estadísticos de grupo

| | GRUPO | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-----------|----------------------|----|---------|-----------------|------------------------|
| T_despues | Modulo control | 24 | 34,5000 | 1,65003 | ,33681 |
| | Modulo con cobertura | 24 | 32,2083 | 1,81250 | ,36997 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-----------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|--------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| T_despues | Se han asumido varianzas iguales | ,007 | ,932 | 4,580 | 46 | ,000 | 2,29167 | ,50032 | 1,28457 | 3,29876 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 4,580 | 45,600 | ,000 | 2,29167 | ,50032 | 1,28433 | 3,29900 |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MEDARDO ALBERTO QUEZADA ALVAREZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Efecto de cobertura verde extensiva sobre la temperatura interior en un módulo de material prefabricado en la ciudad de Moquegua", cuyos autores son MACEDO GUZMÁN JUAN CARLOS, ZEBALLOS MAMANI RUDDY KALIA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 06 de Febrero del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| MEDARDO ALBERTO QUEZADA ALVAREZ DNI: 18110481 ORCID: 0000000202155175 | Firmado electrónicamente por: MAQUEZADAA el 18- 02-2023 12:44:51 |

Código documento Trilce: TRI - 0531442