



Universidad Científica del Perú - UCP

*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“IMPLEMENTACIÓN DE TECHO VERDE PARA REDUCIR EL
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EDIFICACIONES EN LA
CIUDAD DE TARAPOTO; 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR: Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, M.Sc

**AUTORES : Bach. CINTHIA THALIA AREVALO COTRINA
 Bach. JAIME MUÑOZ PAREDES**

Tarapoto – San Martín - Perú

2021

DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a mis padres Wilberto Arévalo y Doraliza Cotrina por su apoyo firme en mi formación profesional, gracias a ustedes por ser mi motivo de lucha constante y perseverancia en esta etapa de mi carrera universitaria.

Al Programa Beca 18 por darme la oportunidad de ser parte de ustedes y a mi Asesor por guiarme y compartir sus conocimientos para que este trabajo que se realizamos.

Cinthia Thalía Arévalo Cotrina.

Dedico la presente Tesis a mis padres y hermanos por motivarme a seguir adelante, son mi razón de perseverancia y esfuerzo en esta vida, gracias a ustedes esto fue posible.

A mis amigos por ayudarme a lo largo de la etapa universitaria, compartiendo experiencias y hasta algunas me guiaron en el camino.

Jaime Muñoz Paredes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres por guiarme y ayudarme a tomar decisiones que me llevaron a superar adversidades, gracias a ustedes por inculcarme mis valores, perseverancia, honradez y trabajo.

Al Programa Nacional de Becas por costear mis estudios universitarios y a la Universidad por la formación en sus aulas, por los conocimientos adquiridos en cada año de estudio.

A mi Asesor de Tesis, gracias por guiarnos en la realización de esta tesis, por la paciencia y compartir con nosotros su sabiduría y experiencia como profesional.

Cinthia Thalía Arévalo Cotrina.

Agradezco en especial a mi madre Doraliza Paredes Heredia y a toda mi familia por todo el apoyo brindado durante mis estudios académicos, esto es gracias a ustedes por ser ese motivo que me impulso a no rendirme y esforzarme cada día en mi etapa universitaria. Estoy muy agradecido al programa beca 18 por darme la oportunidad de ser parte del grupo de beca 18 y financiar mis estudios académicos. Un gran agradecimiento a mi asesor por ese apoyo en ser un guía y compartir sus conocimientos para que así este trabajo se realice correctamente

Jaime Muñoz Paredes

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

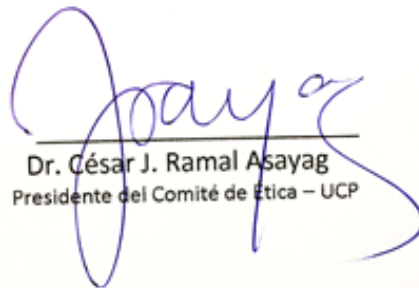
La Tesis titulada:

**"IMPLEMENTACIÓN DE TECHO VERDE PARA REDUCIR EL CONSUMO DE
ENERGIA ELECTRICA EN EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE TARAPOTO;
2021"**

De los alumnos: **CINTHIA THALIA AREVALO COTRINA Y JAIME MUÑOZ
PAREDES**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la
revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **13% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que
estime conveniente.

San Juan, 24 de Diciembre del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

CJRA/ri-a
577-2021

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERÍA VICIL_2021_TESIS_CINTHIA AREVALO_JAIME MUÑOZ_V1.pdf (D122925737)
Submitted	2021-12-17T16:14:00.0000000
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	13%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	techos verdes - felix castillo jumbo. ing. civil 8-1.doc Document techos verdes - felix castillo jumbo. ing. civil 8-1.doc (D26649684)	 3
W	URL: https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8985/RhodesValbuenaMateode2012.pdf;sequence=1 Fetched: 2020-02-07T16:04:57.8270000	 34
SA	Condori _Huaman_Fredy_Porfirio_Titulo_Profesional_2016.pdf Document Condori _Huaman_Fredy_Porfirio_Titulo_Profesional_2016.pdf (D27115828)	 1
SA	PROYECTO TECHOS ECOLOGICOS_V5.docx Document PROYECTO TECHOS ECOLOGICOS_V5.docx (D28075657)	 1
W	URL: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24703/Alvarado%20Carrasco%2C%20Jos%C3%A9%20lv%C3%A1n%20-%20Jara%20Cruz%2C%20Milagros%20Katherine.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-12-17T16:15:08.6470000	 2
W	URL: https://1library.co/article/resultados-implementaci%C3%B3n-modelo-techo-verde-beneficio-termico-hogar.y4j4vly Fetched: 2021-12-17T16:15:06.1730000	 2
W	URL: https://1library.co/document/y4j4vly-implementacion-modelo-techo-beneficio-termico-honda-tolima-colombia.html Fetched: 2021-12-17T16:15:15.8800000	 1
SA	TFT_NATHALY_GAONA.pdf Document TFT_NATHALY_GAONA.pdf (D32724328)	 1

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal **Nº 210-2021-UCP-FCEI** del 12 de abril de 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Caleb Ríos Vargas, M. Sc. | Miembro |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo Mg. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 18:00 horas del día 27 de enero del 2022, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis **“IMPLEMENTACIÓN DE TECHO VERDE PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE TARAPOTO; 2021”**.

Presentado por los sustentantes:

CINTHIA THALIA AREVALO COTRINA y JAIME MUÑOZ PAREDES

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

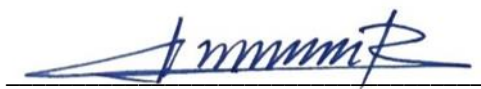
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORIA (CON LA NOTA DE DIECISEIS)**

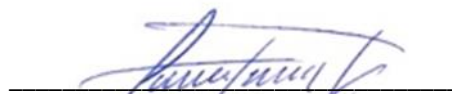
En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Ing. Joel Padilla Maldonado, M.Sc.
Presidente



Ing. Caleb Ríos Vargas, M. Sc
Miembro



Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo Mg.
Miembro

HOJA DE APROBACIÓN

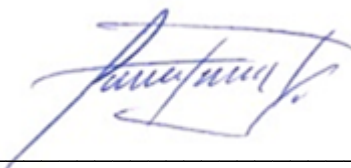
Tesis sustentada en acto público el día 27 de enero del 2022, a las 18:00 horas



Ing. JOEL PADILLA MALDONADO, M.Sc.
Presidente del Jurado Evaluador



Ing. Ing. CALEB RIOS VARGAS, M.Sc.
Miembro del Jurado Evaluador



Ing. LUIS ARMANDO CUSCO TRIGOZO
Miembro del Jurado Evaluador



Ing. VICTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATA, M.Sc.
Asesor

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	1
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
HOJA DE APROBACIÓN.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS	8
ÍNDICE DE GRÁFICOS	9
RESUMEN.....	10
PALABRAS CLAVE	10
ABSTRACT.....	11
KEYWORDS	11
 CAPITULO I: MARCO TEORICO.....	 12
1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	12
1.1.1. Ámbito Internacional	12
1.1.2. Ámbito Nacional.....	13
1.1.3. Ámbito Local.....	16
1.2. BASES TEÓRICAS	16
1.2.1. El Clima	16
1.2.2. Las Transferencias de Calor en los Cerramientos.....	17
1.2.3. La Radiación Térmica.....	18
1.2.4. Propiedades Termo Físicas de los Materiales.....	18
1.2.5. La Conductividad Térmica.....	18
1.2.6. Propiedades Ópticas de los Materiales	18
1.2.7. Superficies Selectivas.....	19
1.2.8. Mecanismos Combinados de Transmisión de Calor.....	20
1.2.9. Techos Verdes	21
1.2.9.1.Componentes de un techo verde	21
1.2.9.2.Tipos de Techos Verdes	22
1.2.9.3.Vegetación del Techo.....	24
1.2.9.4.Los Tipos de Plantas	25
1.2.9.5.Transmisiones de calor en superficies de vegetación	25
1.2.9.6.Regulación de la Temperatura	26
1.2.9.7.Efecto de la Radiación Sobre las Plantas	27
1.2.9.8.Transferencia de calor por radiación	29
1.2.9.9..... La Vegetación como Control Climático y Regulador Térmico en el	

Edificio	30
1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS	30
1.3.1. Definiciones Generales.....	30
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	36
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	36
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	38
2.2.1. Problema General.....	38
2.2.2. Problemas Específicos	38
2.3. OBJETIVOS	38
2.3.1. Objetivo general.....	38
2.3.2. Objetivos específicos.....	39
2.4. HIPÓTESIS	39
2.4.1. Hipótesis general.....	39
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	39
2.5. VARIABLES	39
2.5.1. Identificación de Variables.....	39
2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables	39
2.5.3. Operacionalización de las Variables.....	40
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	42
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.1.1. Tipo de Investigación.....	42
3.1.2. Diseño de Investigación.....	42
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.2.1. Población.....	43
3.2.2. Muestra.....	43
3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos.....	44
3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	47
4.1. Descripción del Caso de Estudio	47
Fuente: Elaboración Propia, 2021.....	47
4.2. Resultados del cálculo de consumo de energía eléctrica de la edificación materia de estudio	48

4.3....Resultados del Cálculo del ahorro energético y económico generado por la implementación de un techo verde de tipo indirecto.	50
4.4. Ahorro Energético y Económico.....	51
4.5. Diseño e implementación del modelo de techo verde.....	52
4.6. Temperatura de la superficie de la azotea, en los dos escenarios, con techo verde y sin techo verde.....	53
4.7. Análisis estadístico para temperaturas de la superficie de la azotea, en los dos escenarios (con techo verde y sin techo verde).	55
4.8. Temperatura del cielo raso en los dos escenarios, con techo verde y sin techo verde.	55
4.9. Análisis estadístico para temperaturas del cielo raso , sin y con techo verde indirecto	56
4.10. Temperatura ambiente sin y con techo verde indirecto.	57
4.11. Temperatura ambiente con respecto a la hora.	58
4.12. Análisis estadístico para temperatura ambiente, en los dos escenarios (con techo verde y sin techo verde)	59
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
5.2. CONCLUSIONES	62
5.3. RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS

Tabla N° 01: Albedo de varias superficies para radiación solar total con reflexión difusa.....	19
Tabla N° 02: Tipos de Techos Verdes.....	24
Tabla N° 03: Definición Conceptual y Operacional de las Variables.....	40
Tabla N° 04: Operacionalización de Variables.....	41
Tabla N° 05: Cálculo del consumo de energía eléctrica de la vivienda materia de estudio.....	45
Tabla N° 06: Consumo de energía eléctrica periodo febrero - octubre 2021....	50
Tabla N° 07: Ahorro energético y económico por el uso de ventiladores.....	51
Tabla N° 08: Temperatura de la superficie de la azotea sin techo verde.....	54
Tabla N° 09: Temperatura de la superficie de la azotea con techo verde.....	54
Tabla N° 10: Temperatura del cielo raso sin techo verde indirecto.....	55
Tabla N° 11: Temperatura del cielo raso con techo verde indirecto.....	55
Tabla N° 12: Temperatura ambiente, interior sin techo verde.....	57
Tabla N° 13: Temperatura ambiente, interior con techo verde.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 01: Esquema de los flujos de calor entre en cerramiento y su entorno.....	20
Grafico N° 02: Esquema de Transferencia de Calor en una Superficie con Vegetación.....	26
Grafico N° 03: Procedimiento de Recolección de Datos.....	46
Grafico N° 04: Procedimiento de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Datos.....	46
Grafico N° 05: Ubicación Geográfica.....	47
Grafico N° 06: Energía eléctrica consumida por artefacto	48
Grafico N° 07: Consumo de energía eléctrica periodo febrero - octubre 2021....	51
Grafico N° 08: Temperatura de la superficie de la azotea, sin y con techo verde indirecto.....	54
Grafico N° 09: Temperatura del cielo raso sin y con techo verde y sin techo verde indirecto.....	56
Grafico N° 10: Variación de la Temperatura ambiente interior sin y con techo verde.....	58

RESUMEN

Con el pasar de los tiempos y el crecimiento de la civilización, las personas han optado por remplazar y desplazar la cubierta vegetal en los techos de las edificaciones por concreto, ladrillo y estructura metálica. En la actualidad es necesario crear espacios que permitan concientizar a la gente sobre el cambio climático y brindar las herramientas necesarias para la mitigación y adaptación necesaria frente a ello y de esa manera propiciar alternativas de solución factibles y amigables acorde al paisaje y urbanismo de las ciudades en la búsqueda de la mejora de la calidad de vida de las personas.

El presente proyecto propone una alternativa de diseño implementación de techo verde para reducir el consumo de energía eléctrica en edificaciones en la ciudad de Tarapoto, mediante la cuantificación del ahorro energético y económico, proveniente de los aparatos eléctricos y el diseño de un techo verde de tipo indirecto, con materiales factibles de utilización y resistente, para una zona de clima cálido.

Para lograr el objetivo, se monitoreó la temperatura en °C, de la superficie del techo de una edificación materia de estudio, y la temperatura ambiente de las instalaciones de forma semanal, por un periodo consecutivo de tres meses, utilizando para estos fines un termómetro infrarrojo y el higrómetro, teniendo como resultado que un techo verde atenúa la temperatura, pero esa atenuación y sus beneficios dependen del tamaño de éste y otros factores como las propiedades de los materiales, el espesor del sustrato y el riego.

PALABRAS CLAVE

Techo Verde, Consumo de Energía, Ahorro Energético, Temperatura.

ABSTRACT

With the passing of time and the growth of civilization, people have chosen to replace and displace the vegetation cover on the roofs of buildings with concrete, brick and metal structure. At present, it is necessary to create spaces that allow people to become aware of climate change and provide the necessary tools for the mitigation and adaptation necessary against it and thus promote feasible and friendly alternative solutions according to the landscape and urban planning of cities. in the search to improve people's quality of life.

This project proposes a design alternative to implement a green roof to reduce electricity consumption in buildings in the city of Tarapoto, by quantifying energy and economic savings from electrical appliances and the design of a green roof of the type indirect, with materials that are feasible to use and resistant, for a warm climate area.

To achieve the objective, the temperature in ° C, of the roof surface of a building under study, and the ambient temperature of the facilities were monitored on a weekly basis, for a consecutive period of three months, using a thermometer for these purposes. infrared and the hygrometer, with the result that a green roof attenuates the temperature, but that attenuation and its benefits depend on the size of this and other factors such as the properties of the materials, the thickness of the substrate and the irrigation.

KEYWORDS

Green Roof, Energy Consumption, Energy Saving, Temperature

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En la presente sección se presentan antecedentes referidos al estudio, realizadas mediante investigaciones previas en el ámbito internacional y nacional.

1.1.1. Ámbito Internacional

En el ámbito internacional se consideran los siguientes antecedentes relacionados con la problemática identificada y el estudio de investigación.

La ciudad de Alemania, fue la primera en otorgar beneficios fiscales para la implementación de techos verdes desde 1980. Berlín toma medidas similares en 1988 (Quintabani, 2010). Actualmente en Alemania se calcula que un poco más del 10% de las cubiertas de los inmuebles tienen una cobertura vegetal, es decir, tienen techos verdes. El gobierno fomenta y da incentivos a este tipo de cubierta en las construcciones (Ortiz et al 2008; Livingroof.org & ecology consultancy ltda, 2004).

Natalie Cristancho Cleves (2011). En su Tesis Titulada: “Techos verdes en Bogotá, una alternativa ambiental con beneficios técnicos” - Universidad Gran Colombia, que llegaa las siguientes conclusiones: Ella hizo un análisis comparativo de los beneficios técnicos en la implementación de techos verdes en Bogotá. Comparó edificios que utilizaban esta cobertura vegetal en el techo, como el de la secretaria de Ambiente, edificio Novata, y Novartis. Determinó y comparó los beneficios planteados inicialmente por el constructor de estos techos verdes, con los beneficios térmicos actuales, y por último planteó nuevos beneficios térmicos.

A pesar de que los investigadores están de acuerdo en que las azoteas traen muchos beneficios de diferentes tipos, el alto costo de instalación ésta visto como una de las principales barreras para su

implementación masiva. Los beneficios, en términos cuantitativos, varían considerablemente de un estudio a otro, ya que la efectividad de los sistemas depende de muchos factores locales. (Williams et al., 2010). (Marín, 2012)

Marín (2012) California, en su estudio: Reducir las islas de calor con techos fríos indica que: se hizo un monitoreo en más de 10 edificios de California y la Florida que demostró que el uso de techos fríos constituye un potencial de ahorro de energía del 20 al 70 % del consumo anual que se necesita para enfriar el ambiente, pues estos techos reducen la transferencia de calor hacia el interior de la edificación.

El resultado de la utilización de éstos, es la reducción de energía utilizada en edificios con aires acondicionados. En los lugares donde no se necesitan estos sistemas de enfriamiento, los techos fríos aumentan el confort de la vivienda y del ambiente urbano.

Carolina Forero (2014) Bogotá, estudiante de Ecología de la Pontificia Universidad Javeriana, realizó una investigación sobre techos verdes en para optar el título de Ecóloga. Enfatizando en la atenuación de la temperatura dentro de las viviendas y en la captación de carbono obtenida por el techo verde. Encontró una atenuación térmica del techo de 4°C, y del ambiente de 3°C. El aumento de la humedad relativa fue del 10%. Con respecto a la cantidad de captación de carbono anual, se obtuvieron tres resultados debido a que se utilizaron 3 especies diferentes en los techos verdes: 1) 16.1 Kg, 2) 38.6 Kg y 3) 8.3 Kg.

1.1.2. Ámbito Nacional

En Perú, ya comienzan a manifestarse medidas a favor de esta propuesta de implementación de techos verdes, la comuna de San Miguel ofrece una reducción en los arbitrios de hasta 20% a los inmuebles que cumplan con esta medida. Varios edificios en Miraflores ya han comenzado a optar por esta verde iniciativa. Este

es solo el inicio de una nueva tendencia. Más distritos se sumarán a los beneficios en pro de una ciudad más sostenible y saludable. Y quizás Lima vuelva a ser llamada la “ciudad jardín”. En consecuencia, la falta de ejemplos para inspirar a los constructores y la falta de estudios a nivel local, que confirmen los beneficios ambientales y económicos de los techos verdes, son las verdaderas barreras para la implementación de esta tecnología. (Hoz, 2013)

Es escasa la información que se ha generado en Perú respecto al tema y sobre todo en la variación de temperatura al implementar los techos verdes, sin embargo podemos presentar algunos estudios que sirvieron de antecedentes para el desarrollo de la presente investigación.

A. Mercedes Beatriz Rodríguez Pérez (2017). En su Tesis Titulada: “Propuesta de diseño de techo verde en azotea para vivienda en zona de expansión urbana en el Distrito de Nuevo Chimbote, 2017” – Universidad Cesar Vallejo - Perú, que llega a las siguientes conclusiones:

- Los techos verdes nos ayuda a preservar el equilibrio ecológico desde nuestro hogar, donde la falta de área verde viene afectando nuestra ciudad de Nuevo Chimbote. Se concluyó que el peso de la carga aportada para el diseño, de la losa aligerada es de $e = 17\text{cm}$ con una carga de 142.80 kgf/m^2 , la cual es aceptable. Se logró contar con las dimensiones de las capas empleadas para la instalación. En cuanto al mantenimiento, se consideró colocar aspersores con la finalidad de abastecer correctamente el riego en toda el área verde teniendo en cuenta las características físicas del equipo. Se colocó una capa de geo dren - geo textil que permite que el agua drene del techo por medio de una canaleta hasta llegar por una bajada, en la cual se encuentra con un sumidero, donde evita que la sedimentación no obstruya el paso del agua drenada.

B. Jhendy Milagros Inga Caqui (2018). En su Tesis Titulada: “Evaluación de la reducción del consumo de la energía eléctrica, mediante la implementación de un techo verde de tipo indirecto al interior de la I.E.P. Peruano – Alemán” – Universidad de Huánuco - Perú, que llega a las siguientes conclusiones:

- Los techos verdes nos ayuda a preservar el equilibrio La construcción de techos verdes no está actualmente normada, sin embargo existen documentos técnicos, recomendaciones y bibliografía suficiente que permiten su correcta instalación y ejecución en proyectos que los involucren.
- El modelo de techo verde de tipo indirecto con jabs como recipiente, de poco presupuesto, es una opción viable y adecuada, debido a que este material es de fácil acceso.
- El uso de techos verdes ayuda a disminuir la temperatura en zona de tierra caliente, pero su grado de atenuación depende de del área cubierta, de las plantas, el sustrato, los materiales y el tipo de techo verde que se implemente.
- Los beneficios de los techos verdes, en términos cuantitativos varían considerablemente de un estudio a otro por sus características y los diferentes contextos que se pueden evidenciar.
- La implementación de un techo verde puede ser asequible y de poco presupuesto. El clima y la especie de planta que se utilice son variables determinantes para que funcione correctamente el sistema de techo verde en cualquier caso.

C. Luis Armando Sánchez Gutiérrez (2019). En su Tesis Titulada: “Propuesta de mejora del abastecimiento de energía con paneles solares para reducir insatisfacción de usuarios en Zarumilla-Tumbes” – Universidad San Ignacio de Loyola - Perú, que llega a las siguientes conclusiones:

- Los techos verdes nos ayuda a preservar el equilibrio La El sistema que puede garantizar el servicio de calidad que exige la población de Zarumilla es la energía solar fotovoltaica, puesto que se adecua a las condiciones naturales que tiene la región en general, con un buen nivel de irradiación y una duración astronómica significativa que garantiza el suministro de energía durante el día, y la batería que forma parte de este sistema, asegura el suministro de energía durante la noche, lo que implica un servicio de energía las 24 horas del día. Además, este tipo de energía ya se viene desarrollando en nuestro, de tal forma que en la actualidad contamos con una capacidad de 280.48MW y resulta ser más económica en comparación con el sistema actual, por más de 40 soles por kWh.

1.1.3. Ámbito Local

No se han encontrado antecedentes de diseño o implementación de techos verdes para reducir el consumo eléctrico en edificaciones en el ámbito local.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. El Clima

El clima de un lugar es el resultado del intercambio de materia y energía entre la atmósfera y el suelo, y se refleja en los valores más normales o frecuentes como la radiación, la temperatura, la humedad, el viento, las precipitaciones, la presión y otros. Desde la antigüedad, la palabra "clima" iba asociada a la "inclinación" de los rayos solares sobre la superficie terrestre. Según el ángulo de incidencia de la radiación solar, tendremos un determinado nivel de intensidad de dicha radiación que tendrá gran influencia en las temperaturas del lugar. La inclinación del sol depende de la situación relativa entre la tierra y el sol y es, por tanto, un factor astronómico de carácter periódico condicionante del clima. (Yáñez G. 1988).

1.2.2. Las Transferencias de Calor en los Cerramientos

Las condiciones del ambiente interior son impuestas por el edificio, y son generalmente definidas por el estado térmico del aire interior y la temperatura superficial de los espacios bajo cubierta, resultantes de los flujos energéticos que se establecen entre el ambiente exterior y el interior.

Es decir, el clima influye sobre el edificio de dos maneras: en el interior por la penetración de la radiación solar a través de los cerramientos, energía que se transforma en calor sobre las superficies internas, y en el exterior, por la combinación de fenómenos simultáneos como la radiación solar y la temperatura, la humedad y el movimiento del aire. Las transferencias de calor y el consumo energético necesario para mantener los espacios interiores con temperaturas agradables, aumentan a medida que las condiciones climáticas exteriores se hacen más extremas, cuando mayores son las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior, y a medida que la resistencia térmica de los cerramientos perimetrales es menor. Cuando la radiación solar incide sobre la superficie de un cerramiento, una parte del calor es absorbida y transmitida a través de este material. Como es bien conocida, esta transferencia de calor puede ocurrir por uno o varios de los mecanismos de transmisión de calor, la conducción, la convección o la radiación y estas transferencias pueden ocurrir de forma asociada o aislada en distintas regiones del cerramiento: • en las superficies en contacto con el exterior e interior, donde se intercambia calor por radiación y convección entre el ambiente y el interior del cerramiento; en el interior del cerramiento, donde se transmite calor por conducción entre ambas superficies a través de las varias capas que conforman el cerramiento, y donde se almacena calor por acumulación en su masa térmica; en la zona aislante, que es una región del interior del cerramiento con elevada resistencia térmica y sin acumulación de calor. (Vale, 1987)

1.2.3. La Radiación Térmica

El proceso de la radiación térmica, en contraste con los otros dos procesos no necesita ningún contacto de materia. La radiación térmica es una radiación electromagnética en el rango de longitudes de onda de 200...100 000 nm. La radiación de onda larga es familiar a la forma de VHF y otra radio-onda. Las radiaciones de onda corta son conocidas como los rayos-X, los rayos gamma de las sustancias radiactivas y los rayos cósmicos. (Cruz, 2012 y Urbietta, 2005).

1.2.4. Propiedades Termo Físicas de los Materiales

Las propiedades termo físicas de los materiales se refieren a las características térmicas y físicas de los cuerpos que intervienen en las transferencias de calor. Entre ellas se encuentran: la conductividad térmica, la inercia térmica, la densidad, el volumen específico, el desfase térmico, el amortiguamiento de la onda de calor, la difusividad térmica y la efusividad térmica. (Cruz, 2012 y Urbietta, 2005).

1.2.5. La Conductividad Térmica

La conductividad térmica (λ) de un material es la cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de un material configurado con extensión infinita y capas plano paralelas de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras de 1 °C. [W/m. K o W/m. °C]. (Cruz, 2012 y Urbietta, 2005).

1.2.6. Propiedades Ópticas de los Materiales

Los materiales presentan en su superficie, cuatro propiedades ópticas referentes a la radiación solar descompuesta en sus distintas longitudes de onda, y que interfieren en la transmisión de calor. Estas propiedades son: la absorbancia (α), la reflectancia (ρ), la transmitancia (T) y la emisividad (ϵ). (Geiger, R. 1965).

Cuando la radiación solar incide sobre una superficie, una parte de esta es absorbida y la otra, reflejada. Las diferentes superficies tienen grados de reflectancia muy distintos. El grado de reflexión de la

radiación para una determinada superficie se denomina valor de albedo. El albedose expresa como el porcentaje de radiación solar directa y difusa procedente del firmamento que es reflejada por una superficie. El albedo es un componente importante que modifica el microclima. Por ejemplo, las zonas urbanas que normalmente se caracterizan por extensas superficies de hormigón, reflejan una alta proporción de radiación. En invierno esta radiación puede resultar provechosa para el calentamiento de las superficies adyacentes, efecto que es máximo si las superficies se encuentran protegidas del viento frío. En verano, cuando la alta reflectancia de los hormigones no es beneficiosa, se puede emplear la vegetación para la disminución del valor del albedo. (Geiger, R. 1965).

Tabla 01: Albedo de varias superficies para radiación solar total con reflexión difusa.

Superficies	Radiación solar
Recubrimiento con nieve	75-95 %
Recubrimiento con nieve	40-70 %
Dunas de arena ligera	30-60 %
Ladrillo	23-48 %
Nieve sucia o dura	20-50 %
Suele arenoso	15-40 %
Prados y campos	12-30 %
Bosques	5-20 %
Asfalto	15 %
Suelo oscuro - cultivado	7-10 %
Superficie de agua –mar	3-10 %

Fuente: Geiger, R. 1965

1.2.7. Superficies Selectivas

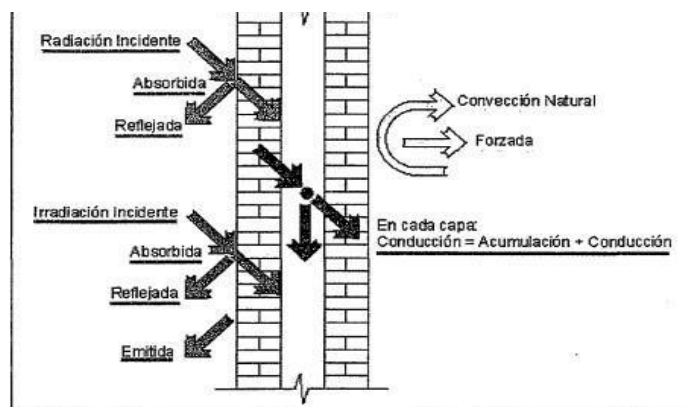
Todos los materiales son superficies selectivas, es decir, la emisividad está en función de la longitud de onda y de la temperatura. Existen materiales que pueden denominarse cuerpos grises, ya que la emisividad varía muy poco respecto a la variación de la longitud de

onda. Podemos distinguir tres tipos de superficies selectivas: superficies selectivas negras, superficies selectivas frías y superficies rugosas (Yáñez, G. 1982).

1.2.8. Mecanismos Combinados de Transmisión de Calor

Entre el intercambio de calor que ocurre entre la superficie del cerramiento y el ambiente, se solapan los flujos debido a la radiación y convección, debiéndose considerar que en el primer caso la contribución de la absorción de onda corta, ya sea procedente del sol o del alumbrado de alta temperatura, y la de onda larga, procedentes de las superficies del entorno e incluso, en el caso de los recintos cerrados, las radiaciones infrarrojas son emitidas por el cerramiento y reflejadas por el resto de los paramentos. En la transmisión de calor por conducción a través de los cerramientos hay que considerar que éstos están generalmente constituidos por varias capas con propiedades físicas diferentes, debiéndose calcular su resistencia total como la suma de varias resistencias en serie, y que las temperaturas interiores resultantes en régimen estacionario tendrán un gradiente diferente en cada capa. (Ver figura N° 01.) En el caso de existir zonas adyacentes con diferentes conductividades, tales como puentes térmicos, el coeficiente global de conductividad será la media ponderada de las conductividades en paralelo. (Monroy, M.M. 1995).

Gráfico 01: Esquema de los flujos de calor entre en cerramiento y su entorno



Fuente: Manuel Martín Monroy, 1995.

1.2.9. Techos Verdes

Los techos verdes son llamados también techos vivos, techos naturalizados, techos con vegetación, techos jardín, techos ajardinados, eco techos, cubiertas verdes, cubiertas vivas, cubiertas ajardinadas, y se puede encontrar en inglés como Green roof, ecoroof, esky garden, skyrise garden, living roof; Cristancho, 2011; López, 2010; Briz, 2004; Velasquez, 2003; Quintabani, 2003).

Los “techos verdes” o “techos con vegetación”, son cubiertas de cualquier tipo, modificadas para soportar vegetación en su superficie, que tienen como finalidad contribuir a un medio urbano más sostenible, “en el que las cubiertas de los edificios no sean subutilizadas, sino que, por el contrario, se constituyan en espacios útiles para ayudar a suplir las necesidades de los habitantes en cuanto a esparcimiento y bienestar social”. El “techo verde” en las azoteas puede formarse con macetas o algún otro recipiente que contenga el material vegetal (Urbieto, 2005).

Los techos verdes son un sistema de capas que incorporan el uso de vegetación sobre cubierta de techos casas y edificios. Además, proporcionan beneficios sociales, económicos y ambientales especialmente en áreas urbanas, y pueden incorporar nuevas tecnologías como agricultura urbana o producción de alimentos y sistema de reciclaje de aguas lluvias. (Quintabani, 2010).

1.2.9.1. Componentes de un techo verde

Según García (2010) los componentes de un sistema típico de naturación en cubiertas (techos verdes) son los siguientes:

- Soporte base: donde se apoyan todos los componentes (teja, cemento, vigas, etc.).
- Membrana impermeabilizante anti-raíz: controla y soporta el crecimiento radical de las especies vegetales.
- Capa drenante: sirve para recibir las precipitaciones y conducir las hacia los desagües de la cubierta.

- Capa filtrante: evita el paso de las partículas finas del sustrato hacia la capa drenante.
- Capa de sustrato: sirve de soporte físico a la capa de vegetación, suministrándole los nutrientes necesarios para su crecimiento.
- Capa de vegetación: material vegetal (plantas) usado para la cobertura.

1.2.9.2. Tipos de Techos Verdes

Existen diferentes tipos de “techos verdes” según el autor, la región o el país. Porejemplo, en Estados Unidos algunos autores como Werthmann (2007) y Lockett (2009) dividen las cubiertas verdes en dos tipos, techos verdes (Green roof) y jardines techo (rooftop garden), los cuales se diferencian en el propósito, materiales de construcción y sobre todo en el acceso. En los jardines de techo las personas pueden entrar fácilmente y disfrutar socialmente como si fuera un jardín o una terraza; Su construcción es más costosa, más pesada. En los techos verdes el acceso es limitado y solamente es para hacerle mantenimiento; su construcción es principalmente para funciones ambientales y estéticas.

En Alemania, los “techos verdes” se consideran de dos tipos según Minke (2010): “los extensivos” (Green roof, en la clasificación de E.U) y los “intensivos” (Roof garden, en la clasificación de E.U). Se diferencian por el espesor del sustrato, el mantenimiento, el tipo de planta, y los materiales (Minke, 2010). Los “intensivos” son aquellos que tienen plantas vivaces, plantas leñosas y césped que usualmente se encuentran en campo abierto. Se caracterizan por tener un espesor de sustrato mayor que 30 cm. Regularmente deben ser abastecidos con agua y nutrientes, es decir, tienen un constante mantenimiento por lo que son más costosos (Minke, 2004). Para Velásquez (2005), son llamados de “bajo

perfil" (low profile); una de sus características es que tienen una profundidad de 15 cm a 4.5 m. Pueden acomodar mayor variedad de plantas; son usuales en grandes terrazas y de poca pendiente

Los "extensivos" se caracterizan por su cobertura vegetal espontánea que crece naturalmente sin ser sembrada, y tiene un espesor de sustrato de 3 hasta 15 cm.

Al contrario de los "intensivos", este tipo no tiene un control regulado de agua ni de nutrientes. Puede tener un peso de 160Kg/m² y su vegetación puede ser de musgos, suculentas, hierbas o pastos diferentes. Generalmente se eligen plantas silvestres por su capacidad de regeneración, resistencia y adaptación. (Minke, 2004).

A parte de estas dos clasificaciones, Cristancho (2011) considera otra categoría, que llama "semi-intensiva". Esta última requiere un mantenimiento intensivo, en irrigación, escarda y fertilización regularmente, no tan intenso; y la vegetación que se puede sembrar incluye arbustos, plantas perennes y hierbas.

Estos tipos de techos, se implementan directamente sobre el techo. En el caso en que se utilicen recipientes como materas para tener la cubierta vegetal, ¿qué clasificación se le daría? Por esta razón algunos autores han agregado a la clasificación los que utilizan un recipiente en los techos o fachadas del inmueble. Wark (2003:4) integra el concepto de techos verdes en recipientes o bandejas (special tray o containment) y lo denomina "sistema modular" (modular system), donde se pone el sustrato y se siembra la planta, no directamente sobre el techo, sino en recipientes especiales de diferentes tamaños y formas (módulos), que también son usados para diseñar el techo verde, el paisaje.

Cuando se utilizan macetas o recipientes son llamados “techos verdes indirectos”, y los “directos” son los que no utilizan recipientes, sino que en la misma superficie del techo está el sustrato y la planta. (Cruz, 2012 y Urbietta, 2005).

Tabla 02: Tipos de Techos Verdes

TIPOS TECHO VERDE	DESCRIPCIÓN
Directo	Es el uso de un techo verde directamente o continuo a la estructura del inmueble (sea teja, cemento, etc.) requiere adecuación del techo, permeándolo para que no haya infiltraciones y que las raíces de las plantas no afecten el inmueble.
Indirecto	Cuenta con recipientes o materas. El sustrato y la planta No entran en contacto directamente con el techo del inmueble.
Intensivo	El espesor del sustrato es mayor de 30 cm. Por lo que se considera un “techo verde pesado”. Requiere que la estructura del edificio soporte dicho peso. El costo de instalación y mantenimiento es mayor por las exigencias en prácticas.
Semi-intensivo	Culturales (riego, insumos, podas, sembrado, etc) constantes. Tipo intermedio entre los otros por espesor del sustrato (12 a 30 cm), y la densidad de plantas. Requieren menos prácticas culturales y poco mantenimiento.
Extensivo	Considerado de bajo mantenimiento y generalmente se instalan en lugares de difícil acceso. Especies de plantas muy limitadas debido al sustrato (5 a 15 cm) y a las condiciones del ambiente. Vegetación de porte bajo. Mantenimiento mínimo. Este es el más apto para ser utilizado en construcciones existentes.

Fuente: Cruz (2012), Cristancho (2011), García (2010), Alvares (2009), Ibáñez (2008), Ortega et al (2008), Urbietta (2005), Briz (2004), Gonzales (2004), Minke (2004).

1.2.9.3. Vegetación del Techo

La vegetación se puede aplicar de varias maneras:

- Tapetes pre sembrados, estos se entregan directamente y se instalan de forma similar al pasto en rollo y consisten generalmente de sedums o de flores silvestres.
- Siembra directa de retoños, semillas o plantas pequeñas.

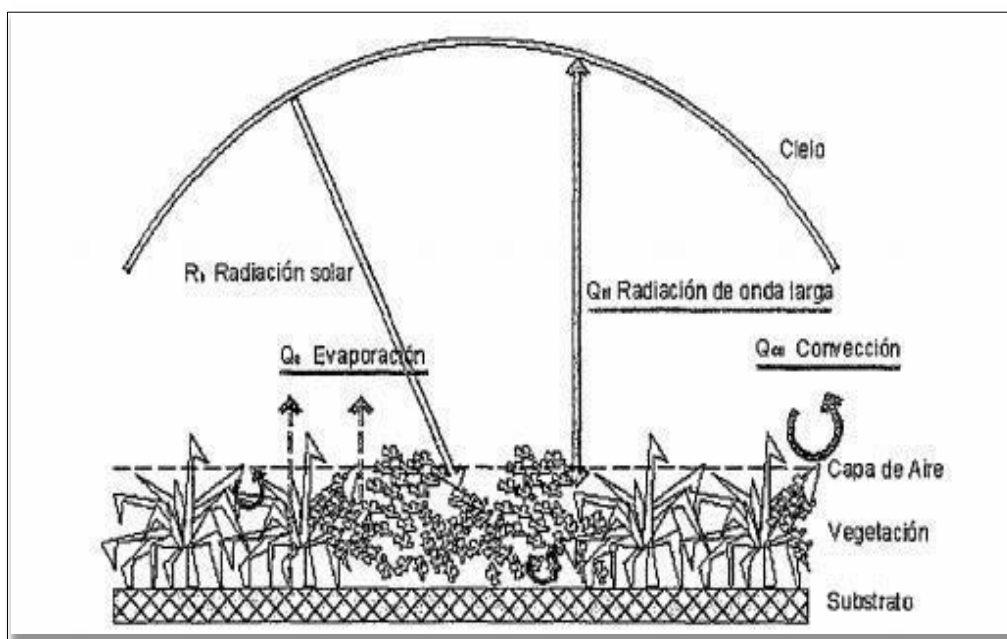
1.2.9.4. Los Tipos de Plantas

Flores silvestres. -Pueden sobrevivir en un sustrato bajo en nutrientes y brindan muchas opciones. Las hierbas medicinales se han incluido en los jardines desde los tiempos antiguos. Aparte de servir como remedio para todo tipo de problemas, muchas tienen usos culinarios. Al incorporarlas en el diseño de tu jardín, agregas un elemento de aroma y belleza visual también. Y con un poco de planificación, se pueden utilizar como rompe vientos y control de plagas.

1.2.9.5. Transmisiones de calor en superficies de vegetación

Una capa de vegetación está compuesta por las hojas y ramas que conforman el elemento y por el aire entre las hojas. Los principales procesos de transmisiones de calor que contribuyen al estado térmico de la vegetación son: la radiación solar absorbida por las plantas; las transmisiones radiactivas de onda larga: entre las hojas y el cielo; entre las hojas y el sustrato; entre hojas; las transmisiones convectivas: entre las hojas y el aire entre hojas; entre el sustrato y el aire entre hojas; la evapotranspiración de las hojas. Este proceso envuelve tres fenómenos: la evaporación en el interior de la hoja (cavidad estomática), la difusión del vapor en la superficie de la hoja y el vapor convectivo transportado desde las hojas al aire; • la evaporación: condensación del vapor de agua de la superficie del sustrato y transferencia del vapor convectivo entre el sustrato y el aire. (Palomo del Barrio, E. 1998).

Gráfico 02: Esquema de Transferencia de Calor en una Superficie con Vegetación



Fuente: Palomo del Barrio, E. 1998

1.2.9.6. Regulación de la Temperatura

Diferentes autores, por trabajos realizados en distintos lugares reportan los efectos de los techos verdes en la regulación de temperatura. La temperatura en los diferentes lugares depende en alto grado de la altura sobre el nivel del mar. El grado de regulación de la temperatura depende del clima donde se encuentre la edificación. En el caso de climas fríos el uso de techos verdes aumenta la temperatura al almacenar el calor de los ambientes interiores. En cambio, en climas cálidos disminuye la temperatura por el efecto de aislamiento entre los espacios interior y exterior. La tierra y la vegetación utilizadas en estos techos moderan las variaciones de temperatura de modo natural al absorber y almacenar el calor. (Minke, 2004; Briz, 2004:68; Niachou et al, 2001).

Las plantas tienen un efecto de aislamiento térmico, la sombra. Esta "barrera" disminuye o evita que los rayos

solares entren en contacto directo con el suelo, crea diferencias de temperaturas. Resultados mostraron que las plantas, en una investigación de un techo verde, reducen el flujo de calor hasta un 40% en comparación con un techo sin vegetación (Tobares et al 2009; Adamas, 2004).

La regulación de temperatura se da por medio de la evaporación de agua, la fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua, que la planta extrae el calor de su ambiente es decir la planta absorbe calor del ambiente para utilizarla en forma de energía para la fotosíntesis, evapotranspiración y otros procesos fisiológicos (Minke, 2004).

Otras causas por la cual los techos verdes moderan la temperatura pueden ser por el efecto de “colchón de aire” encerrado, que actúa como capa aislante térmica directamente proporcional al tamaño. Lo mismo sucede con la capa de sustrato, que actúa como una barrera, la reflexión y el rocío (Zielinski, 2012; García, 2010; Ortega et al 2008; Simmons et al, 2008; Minke, 2004).

1.2.9.7. Efecto de la Radiación Sobre las Plantas

La radiación solar produce dos tipos de procesos principales: los procesos energéticos (fotosíntesis); y los procesos morfogénicos. La radiación solar es aprovechada por las plantas para realizar la fotosíntesis. La fotosíntesis es transformación de energía radiante en energía química mediante la asimilación del carbono del CO₂ del aire y su fijación en compuestos orgánicos carbonados. Según la forma de fijación del dióxido de carbono las plantas se pueden agrupar en tres tipos: C₃, C₄, y CAM. Si el primer compuesto estable en el que aparece fijado el carbono es de 3 átomos de carbono la planta se dice que es C₃; por el

contrario, si es de 4 átomos de carbono se denomina C₄, así en las C₄, la ruta C₃ está precedida por una serie de etapas adicionales en las que tiene lugar una fijación preliminar del dióxido de carbono formando un compuesto de cuatro átomos de carbono; las plantas CAM presentan una ruta metabólica similar a las C₄, pero muestran un desfase temporal entre la captación del dióxido de carbono y su fijación.

Dentro de las C₃ tenemos la mayor parte de las plantas superiores incluyendo cultivos de climas templados (trigo, cebada o girasol,) del tipo C₄ destacan especies de climas áridos y otras de climas templados cálidos o tropicales (maíz, azúcar o sorgo). En general, se consideran las C₃ menos productivas que las C₄. Una de las diferencias se encuentra en el hecho de que la fotorrespiración es muy activa en las plantas C₃.

La fotorrespiración se traduce en un consumo de oxígeno cuando están iluminadas y es muy importante en la agricultura de la zona templada; en un día caluroso y sin viento la concentración del dióxido de carbono sobre la planta decrece considerablemente debido a su consumo para la fotosíntesis, disminuye la relación dióxido de carbono/oxígeno: disminuyendo la fijación del dióxido de carbono y aumentando la fotorrespiración.

De la radiación global incidente sobre la superficie vegetal sólo una proporción es aprovechable para la realización de la fotosíntesis: PAR (radiación fotosintéticamente activa). La respuesta de las plantas es diferente en función de las diferentes longitudes de onda. La clorofila es el principal pigmento que absorbe la luz, otros pigmentos accesorios son el b-caroteno, compuesto isoprenoide rojo que es el

precursor de la vitamina A en los animales y la xantofila, carotenoide amarillo.

Esencialmente toda la luz visible es capaz de promover la fotosíntesis, pero las regiones de 400 a 500 y de 600 a 700 nm son las más eficaces. Así la clorofila pura, tiene una absorción muy débil entre 500 y 600 nm, los pigmentos accesorios complementan la absorción de la luz en esta región, suplementando a las clorofilas.

- 620-700 nm (rojo): una de las bandas de mayor absorción de la clorofila.
- 510-620 nm (naranja, amarillo –verde-); de débil actividad fotosintética.
- 380-510 nm (violeta, azul y verde): es la zona más energética, de intensos efectos formativos. De fuerte absorción por la clorofila.
- < 380 nm (ultravioleta). Efectos germicidas e incluso letales < 260 nm. (Urbano, 1999, Villalobos et al., 2002).

1.2.9.8. Transferencia de calor por radiación

Por radiación la energía se transporta en forma de ondas electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz. La radiación electromagnética que se considera aquí es la radiación térmica. La cantidad de energía que abandona una superficie en forma de calor radiante depende de la temperatura absoluta y de la naturaleza de la superficie. Un radiador perfecto o cuerpo negro emite una cantidad de energía radiante de su superficie por unidad de tiempo q_r dada por la ecuación:

$$q_r = \sigma AT^4$$

Dónde: σ es la constante de Stefan-Boltzmann

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{k}^4$$

1.2.9.9. La Vegetación como Control Climático y Regulador Térmico en el Edificio

Un complemento perfecto a la concepción bioclimática de un edificio y su entorno es la vegetación. La vegetación, bajo el prisma de la energía y del acondicionamiento puede realizar funciones de control de la radiación, humedad o movimiento de aire.

Si bien los efectos más beneficiosos de las plantas y los árboles son los que producen en el suelo e indirectamente en el clima que los rodea, la vegetación también influye en el bienestar y en el consumo energético.

La vegetación es fuente de humectación del ambiente, gracias al proceso de evapotranspiración fisiológica, que aporta a la atmósfera parte del agua extraída a través de las raíces. Un metro cuadrado de bosque puede aportar 500 kg de agua al año, y esto, de forma indirecta, puede reducir la temperatura en el verano. La vegetación es una pantalla ideal contra la radiación solar que, de forma excesiva, puede actuar sobre los suelos, desecándolos y erosionándolos.

La radiación solar al actuar sobre el edificio, aumenta la carga energética a eliminar y eleva la temperatura ambiental por encima de la de bienestar. La vegetación mantiene una temperatura más uniforme a lo largo del día y del año, que en la mayoría de los casos resulta ser beneficiosa. (Yáñez, G. 1982).

1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS

1.3.1. Definiciones Generales

a) Ahorro energético

Es una práctica que tiene como objetivo reducir el consumo de energía. La eficiencia energética es el uso eficiente de la energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir

más bienes y servicios. Dichode otra manera, producir más con menos energía. No se trata de ahorrar luz, sino de iluminar mejor consumiendo menos electricidad, por ejemplo. Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden reducir el consumo energético para disminuir costos y promover sustentabilidad económica, política y ambiental. (Scott Davis, 1991).

b) Techo verde

Un techo verde, azotea verde o cubierta ajardinada es el techo de un edificio que está parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado. No se refiere a techos de color verde, como los de tejas de dicho color ni tampoco a techos con jardines en macetas. Se refiere en cambio a tecnologías usadas en los techos para mejorar el ambiente a diseñar o ahorrar consumo de energía, es decir tecnologías que cumplen una función ecológica. (Biscia, 2005).

c) Temperatura

La temperatura es la consecuencia más directa de la radiación solar. Es, junto con la precipitación, el elemento más utilizado para describir el clima. La temperatura del aire está sujeta a factores de muy diverso tipo que deben tenerse en cuenta a la hora de escoger la ubicación de un termómetro.

La temperatura media global de la atmósfera se considera 15°C con grandes desigualdades espaciales y un fuerte gradiente desde el Ecuador hasta los polos debido fundamentalmente a las variaciones latitudinales en el balance de radiación. El calor, procedente de la radiación, que se acumula en el suelo se cede a la atmósfera por cuatro vías: -conducción, -convección, radiación infrarroja y evaporación. El exceso de calor presente en latitudes bajas es transportado hacia latitudes altas por los mecanismos de la Circulación General Atmosférica.

d) La radiación

La superficie de vegetación absorbe la radiación del sol e irradia su calor, ya sea como fuente de calor, o enfriando el aire que está en contacto con ella. La radiación es el más importante factor en las transmisiones de calor sobre las superficies con vegetación. El calor llega a la superficie de la tierra desde el sol, el cielo y la atmósfera (irradiancia), y es devuelto al espacio. Los factores que adicionan calor a la superficie de vegetación son considerados positivos, los que substraen calor son considerados negativos.

e) La conducción

La conducción es la transferencia de calor en un sólido o en un fluido en reposo. Esta transferencia se da por una interacción molecular directa. En este proceso es fundamental la continuidad de material. El calor transmitido se dirige de las moléculas con energía más elevada, las que se encuentran a mayor temperatura, a las que tienen menor temperatura, mediante el intercambio de la energía cinética entre moléculas contiguas. En la conducción no se produce desplazamiento apreciable, aunque pueda haber movimiento de electrones libres. (Neila, FJ. y Bedoya, C. 1997).

f) La convección

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por flujos y movimientos de fluidos. Este proceso ocurre cuando el aire de un ambiente se pone en contacto con la superficie de un cerramiento a una temperatura distinta. Si el movimiento del aire es causado por la diferencia de densidades, a su vez, resultante del contacto del aire con una superficie a diferente temperatura y que genera fuerzas ascendentes, se denomina convección libre o natural. Cuando existe una fuerza motriz exterior, como el viento que mueve el aire sobre una superficie a diferente temperatura, o la convección es inducida por medios mecánicos,

se llama convección forzada. En el caso de que se superpongan ambas fuerzas motrices, el proceso se denomina convección mixta. Este proceso de transmisión es el que aparece cuando tenemos ventilación y movimientos de aire, sea en espacios interiores o exteriores. En la cubierta ajardinada, la transmisión por convección ocurre fundamentalmente entre hojas y sobre la capa vegetal de la cubierta. (Neila, FJ. y Bedoya, C. 1997).

g) La evaporación

La evaporación es el modo de intercambio de calor en el que un líquido cambia a estado gaseoso aportando y cediendo energía. Para evaporar un litro de agua se necesitan aproximadamente 2400 kJ/kg, siendo la velocidad de evaporación función del contenido de vapor de agua y velocidad del aire. (Yáñez, G. 1982).

h) Isla de calor

La isla de calor es una situación urbana, de acumulación de por la inmensa mole de, y demás materiales absorbentes de calor; y que se da en situaciones de estabilidad por la acción de un. Se presenta en las grandes y consiste en la dificultad de la disipación del calor durante las, cuando las áreas no urbanas, se enfrían notablemente por la falta de acumulación de calor. El centro urbano, donde los edificios y el desprenden por la noche el calor acumulado durante el día, provoca desde el exterior hacia el interior. Comúnmente se da el fenómeno de elevación de la en zonas urbanas densamente construidas causado por una combinación de factores tales como la edificación, la falta de espacios verdes, los o la generación de calor. Se ha observado que el fenómeno de la isla de calor aumenta con el tamaño de la ciudad y que es directamente proporcional al tamaño de la mancha urbana.

i) **La temperatura máxima**

La temperatura máxima es la mayor temperatura registrada durante un periodo de tiempo dado. La temperatura máxima es registrada mediante el uso de termómetros de mercurio, en los que una contracción en el tubo capilar, sólo permite el ascenso de la columna mercurial.

j) **Albedo**

El albedo es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma. Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las mates. El albedo medio de la Tierra es del 37-39% de la radiación que proviene del Sol. Es adimensional y se mide en una escala de cero (correspondiente a un cuerpo negro que absorbe toda la radiación incidente) a uno (correspondiente a un cuerpo blanco que refleja toda la radiación incidente). Es una medida de la tendencia de una superficie a reflejar radiación incidente. Un albedo alto enfría el planeta, porque la luz (radiación) absorbida y aprovechada para calentarlo es mínima. Por el contrario, un albedo bajo calienta el planeta, porque la mayor parte de la luz es absorbida por el mismo. (Alan Betts, 1997).

k) **Superpoblación**

La superpoblación es una condición en que la densidad de la población se amplía a un límite que provoca un empeoramiento del entorno, una disminución en la calidad de vida o un desplome de la población. Generalmente este término se refiere a la relación entre la población humana y el medio ambiente. (Gaspes, 2011).

l) **Contaminación**

Se llama contaminación al fenómeno producido por la actividad del hombre, donde afecta desfavorablemente a la naturaleza causando desequilibrio, deterioro, degradación o algún daño en

un ecosistema, medio físico o un ser vivo. El agua, el aire y el suelo se han convertido en los medios receptores de desechos generados por las diferentes actividades humanas. Esta alteración de la calidad del medio ambiente trae como consecuencia el agotamiento y pérdida de recursos. (Gaspes, 2011).

m) Calentamiento global

El calentamiento global suele asociarse al cambio climático, aunque éste último fenómeno (la variación del clima) siempre ha existido y es natural. En la actualidad suele conocerse como cambio climático al cambio producido por la acción humana, que genera variaciones anómalas como períodos de sequías e inundaciones más prolongados, aceleración de la fusión de los glaciares y cambios drásticos en los patrones de precipitación y nieve. Según Gaspes (2011):

El calentamiento global está asociado al efecto invernadero, que es un fenómeno por el cual ciertos gases que componen la atmósfera terrestre retienen parte de la energía emitida por el suelo tras haber sido calentado por la radiación del Sol. El efecto invernadero funciona de la siguiente manera: la radiación solar atraviesa la atmósfera, rebota contra el suelo y debería volver a atravesar la atmósfera; sin embargo, los gases de efecto invernadero (como el dióxido de carbono y el metano) producen una capa de contaminación que impide que los rayos solares vuelvan a salir, produciendo un aumento de la temperatura en la Tierra. (Palomo del Barrio, E. 1998).

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En las últimas décadas temas como el cambio climático y el calentamiento global han tomado mucha fuerza a nivel mundial y nuestro país no es la excepción a esto. Dichos problemas surgen principalmente por las emisiones masivas de CO₂ a la atmósfera, producto de las actividades industriales productivas intensivas y la quema masiva de combustibles fósiles para la obtención de energía. Vivimos en centros urbanos cada día más poblados, quitándole el lugar a lo que cubrió el mundo en un principio: la naturaleza. A medida que la superficie de estos centros se urbaniza, disminuyen las zonas verdes, abriendo camino a la contaminación ambiental y sus consecuencias. (Odum & Barrera, 2002).

Los edificios construidos para albergar diferentes funciones, en general se construyen sin tener en cuenta suficientemente las condiciones climáticas. Las respuestas de diseño en general no permiten la optimización de los recursos convencionales utilizados para obtener el confort, lo cual lleva a incrementar excesivamente estos consumos o bien, ante la ausencia de recursos económicos, a someter a los ocupantes a situaciones de discomfort. La contaminación atmosférica influye en dicho fenómeno al igual que la falta de cobertura vegetal y el consumo de energía secundaria (electricidad, gasolina, diesel, gas, etc). La modificación de características de absorción de las superficies urbanas (impermeables y de color oscuro, más que todo) hacen que en las ciudades aumente la temperatura (Higueras, 2006; López, 1991).

Debido a las construcciones con materiales impermeables y la falta de cobertura vegetal, las ciudades tienen la tendencia a inundarse debido a un deficiente drenaje que cuando llueve intensamente no regula la escorrentía. (Briz, 2004).

Ante esta realidad, es necesario disminuir o superar estos efectos en las ciudades aplicando nuevas alternativas como la utilización de los “techos verdes”, conocidos también como cubiertas verdes que consisten en

cultivar plantas o tener cobertura vegetal en los techos de las viviendas sin afectar el inmueble. El uso de techos verdes reintegrará la cubierta vegetal que el ser humano ha desplazado por cemento en las ciudades. Esta cobertura viva puede contribuir a mitigar las consecuencias del calentamiento global capturando GEI como el CO₂ y generando oxígeno por el proceso de la fotosíntesis. Contribuye al confort térmico en las casas al actuar como un termostato verde; también contribuye en la economía del hogar al ahorrar consumo de energía en el uso de aire acondicionado y ventiladores. (Ortega, 2012).

Dado los tiempos que corren y la escasez de energía utilizada a la que nos vemos aquejados, gran preocupación ha acarreado los altos niveles de consumo energético y los altos costos de operación en los que se ven envueltos muchos tipos de edificios. Durante las últimas décadas los países líderes han puesto mucha atención en el desarrollo de métodos y procesos necesarios para ahorrar energía. Siendo Perú un país en vías de desarrollo, no podemos quedarnos de lado ante tales avances, aún más cuando por estos días los costos de energía se han incrementado notablemente.

Dado que la industria de la construcción es responsable de un 36% del consumo energético mundial y del 30% de las emisiones de CO₂, es que ésta se debe reformular frente al panorama mundial actual y buscar maneras más limpias de continuar con su actividad. Así es como la eficiencia en los recursos energéticos y ambientales en las construcciones serán los aspectos de diseño y construcción primordiales, que deberán enfrentar los ingenieros y arquitectos en los próximos años. (Montoya, 2009).

La modificación de características de absorción de las superficies urbanas hace que en las ciudades aumente la temperatura (Higueras, 2006; López, 1991). Debido a las construcciones con materiales impermeables y la falta de cobertura vegetal. (Briz, 2004).

Tania Ita, de la Dirección General de Meteorología del Senamhi, nos introduce en uno de los fenómenos menos conocidos. "Se trata del efecto

albedo. Hay superficies que, dependiendo de la textura y del color, pueden reflejar una cantidad similar a la radiación solar directa, como un efecto espejo, sin que nos demos cuenta. La nieve, por ejemplo, es capaz de alcanzar niveles de albedo de 95%, es decir, refleja como un espejo casi el mismo nivel de radiación.”, dijo.(Almanera, 2017).

El motivo de la presente investigación nace con la finalidad de proponer un diseño de techos verdes o cubierta ajardinada, implementando un drenaje para el descenso de agua acumulada en el techo. Para la implementación de techos con áreas verdes generar un cambio sostenible y moderno en la ciudad de Tarapoto, se planea crear área verde en techo de la azotea, planificando obras de construcciones de viviendas para establecer un modelo que permita anticipar los impactos ambientales que actualmente se encuentra ciudad con el fin de generar mayor sostenibilidad ambiental en nuestro planeta.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Problema General

PG.- ¿Cómo se reducirá el consumo de la energía eléctrica mediante la implementación de un techo verde en edificaciones de Tarapoto?

2.2.2. Problemas Específicos

PE1.- ¿Es posible cuantificar el ahorro energético y económico al implementar un techo verde en una edificación?

PE2.- ¿Es posible cuantificar y comparar la variación de la temperatura ambiental, al interior de una edificación al implementar un techo verde?

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

OG.- Reducir el consumo de la energía eléctrica mediante la implementación de techo verde en edificaciones de Tarapoto.

2.3.2. Objetivos específicos

OE1.- Cuantificar el ahorro energético y económico al implementar un techo verde en una edificación.

OE2.- Cuantificar y comparar la variación de la temperatura ambiental, al interior de una edificación al implementar un techo verde.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

Con la implementación de techos verdes, se puede reducir el consumo de la energía eléctrica en una edificación.

2.4.2. Hipótesis Específicas

HE1.- Con la identificación de los equipos eléctricos se puede determinar el consumo de la energía eléctrica, en los ambientes de una edificación.

HE2.- Con la implementación de un techo verde de tipo indirecto, se puede cuantificar el ahorro energético y económico.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Identificación de Variables

- a) Variable Dependiente: Consumo de la energía eléctrica.
- b) Variable Independiente: Techo verde

2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables

En el presente trabajo de investigación, se hace necesario presentar el cuadro de variables, como un importante aspecto del Marco Teórico ya que, al formular una hipótesis, es indispensable definir los términos o variables que están siendo incluidos en ella. (Hernández, Fernández, Baptista, 2006). La definición conceptual y operacional de

las variables identificadas en el estudio de investigación se presenta en la tabla N° 03.

Tabla 03: Definición Conceptual y Operacional de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Variable Dependiente: Reducción del consumo de la energía eléctrica	El consumo eléctrico es la cantidad de energía demandada por un determinado punto de suministro durante un plazo de tiempo denominado período de facturación. Este aspecto es facturado por las comercializadoras al aplicarse un precio del kWh que es el que determina la cantidad de dinero que tendrá que pagar el cliente.	El uso eficiente de la energía, a veces simplemente llamado eficiencia energética o ahorro energético, es el objetivo de reducir la cantidad de energía requerida para proporcionar productos y servicios.
Variable Independiente: Implementación de un techo verde	Es una superficie cubierta de vegetación el cual contribuye al mejoramiento del ambiente urbano mediante el sostenimiento ecológico, permitiendo el manejo, control, y sustentabilidad ambiental en ciudades donde se observan altos niveles de contaminación (Osorio, 2015 p.28).	Se refiere a implementar una estructura que permita, modernizar la ciudad de

Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.5.3. Operacionalización de las Variables.

Con el objetivo de definir la operacionalización de las variables de investigación en términos prácticos, en la Tabla N° 04, se presenta las dimensiones establecidas y los indicadores para cada una de ellas.

Tabla N° 04: Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente: Techo verde	Recipientes o materas.	- Madera - Plástico
	Sustrato.	- Tierra - Humus - Aserrín - Arena
	Especies de plantas.	- Lechuga (<u>Lactuca sativa</u>) - Tomate (<u>Solanum lycopersicum</u>). - Perejil (<u>Petroselinum crispum</u>) - Sábila (Aloe vera) - Ornamentales - Ornamentales
Variable dependiente: Consumo de energía eléctrica.	Temperatura máxima (°C)	- (°C)
	Temperatura mínima (°C)	- (°C)
	Consumo de la energía Eléctrica.	- Watts

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

En toda investigación, se hace necesario, que su contenido esté delimitado y validado por la metodología que constituye la base fundamental de todo estudio, al presentar los métodos y técnicas que a través de los cuales se intenta dar respuestas a las interrogantes objeto de esta propuesta. En tal sentido, en este ítem se desarrollan importantes aspectos relacionados al marco metodológico, marco organizacional y el desarrollo de la investigación (Padilla, 2015). La metodología utilizada en el entorno del método del valor ganado corresponde a la producción de tecnología blanda y constituye una alternativa de solución viable para el problema planteado, mediante una propuesta estructurada en procesos fundamentados en una metodología de control de la productividad de la mano de obra en una edificación.

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación, tiene un enfoque cuantitativo toda vez que hace referencia al estudio a partir del análisis de cantidades, es decir que involucra un proceso de estudio numérico que tiene que ver con fundamentos estadísticos. Desde otro punto, la investigación cualitativa tiene que ver con la exploración no numérica de datos, es un enfoque que se relaciona más con la interpretación subjetiva e inductiva.

3.1.2. Diseño de Investigación

Se empleará el diseño no experimental teniendo como metodología descriptiva, la cual muestra el procedimiento del diseño de techos verdes que se llevara a cabo en los siguientes resultados, fue necesario observar cada proceso de la cubierta en referencia a los materiales y accesorios empleados para su instalación correspondiente. La función de la variable independiente es influir en los resultados de estudios o procesos del mismo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Es el conjunto de individuos u objetos de medidas que poseen alguna característica común observable en un lugar o momento determinado. Cuando se lleve cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio” (wigodski, 2010). Para la presente investigación, se tomará en cuenta la población de las edificaciones de la ciudad de Tarapoto, teniendo como referencia el número de habitante que habitan en ella.

3.2.2. Muestra

Es un subconjunto representativo de la población, donde hay diferente tipo de muestreo. La muestra dependerá de la calidad y cuan representativo sea el estudio de la población” (wigodski, 2010). Para la presente investigación, se tomará en cuenta una vivienda unifamiliar de la zona urbana de la ciudad de Tarapoto.

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la elaboración del estudio de investigación, se empleó una serie de técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos, orientados de manera esencial a alcanzar los fines propuestos en los objetivos. Los instrumentos se determinaron de tal manera que sintetizen la labor previa del investigador y resuma los aportes del marco teórico logrando formar parte importante en la fase operativa del diseño de la investigación. Dada la naturaleza del estudio y en función de los datos que se requieren, tanto del marco teórico y el marco metodológico de la investigación, se aplicaron las siguientes técnicas y protocolos instrumentales.

Para el trabajo de investigación se trabajara con las siguientes técnicas: se utilizara en la investigación la Observación, se propone realizar el procedimiento del proyecto para la propuesta de diseño. La observación consiste en seleccionar aquello que se va analizar. Asimismo se puede decir

que observar es saber seleccionar. Para la observación se debe plantear previamente lo importante a observar, es decir como el objetivo claro de la observación.

De acuerdo al protocolo se tiene como referencia al reglamento nacional de edificaciones:

- Norma E-030 según la norma de considero lo siguiente:
- Capítulo 03: Se empleó el Reglamento Nacional de Edificaciones para la elaboración del diseño de la vivienda, con la norma E. 0.50 de suelos y cimentación, E. 0.20 cargas, E. 0.70 de albañilería. Por ende se tomó en cuenta los parámetros urbanísticos para la zonificación residencial de acuerdo al uso, a su vez teniendo en cuenta a lo que indica la ordenanza municipal acerca de porcentaje de área verde en las viviendas

3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

- a) La primera fase fue la recopilación de información acerca del tema, se hizo el diagnóstico del consumo de energía eléctrica, teniendo como referencia elaborando así un inventario de los equipos consumidores de energía eléctrica dentro de la I.E.P. Peruano - alemán, luego se hizo el cálculo del consumo mensual de energía eléctrica en kWh, guardando toda esa información en una base de datos en Excel. Revisión bibliográfica para implementar un techo verde: concepto, definiciones, origen, estudios, beneficios, antecedentes, problemáticas.
- b) La segunda fase, correspondiente a la fase de campo, se dividió en 3 partes: implementación del modelo de techo verde, ubicación de los equipos de monitoreo y toma de datos.
 - Implementación del modelo de techo verde, se buscó y escogió una vivienda unifamiliar, que cuenta con las características apropiadas para poder implantar este tipo de alternativa. Posteriormente se escogieron las plantas y el sustrato a emplear en los techos verdes.

- La medición de la temperatura superficial de la azotea y el cielo raso, se hicieron con el termómetro infrarrojo, a 1 metro de distancia, para conocer la temperatura superficial del concreto y el cielo raso, y con el termo-higrómetro se pudo medir la temperatura ambiente dentro de las aulas, con techo y sin techo verde.
- La toma de datos se hizo después de ya estar ejecutado e implementado el techo verde de tipo indirecto, los meses de junio, julio y agosto, la toma de datos se hizo una vez por semana (sábados, durante todo el día, cada 3 horas). La toma de datos se hizo 6 veces al día, a partir de las 6: am, cada 3 horas hasta las 9:00 pm. Para poder ver la diferencia de temperaturas durante el día.

La toma de muestra se realizó, por muestreo aleatorio simple, en las dos áreas; con techo y sin techo verde, tanto en la superficie de la azotea, como en el cielo raso de la edificación unidad de estudio.

3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos de medición son recursos que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente (Hernández S., 2010). El proceso de recolección de datos utilizada en el presente estudio estuvo compuesto por los siguientes instrumentos:

a) Para la Variable Independiente

- Recipiente o materas.
- Plantas (hortalizas, ornamentales, etc.)

b) Para la variable Dependiente

- Termómetro infrarrojo.
- Higrómetro.
- Consumo de energía eléctrica.

3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico. El procedimiento seguido para la recolección de datos en la presente investigación, se representa en el siguiente gráfico.

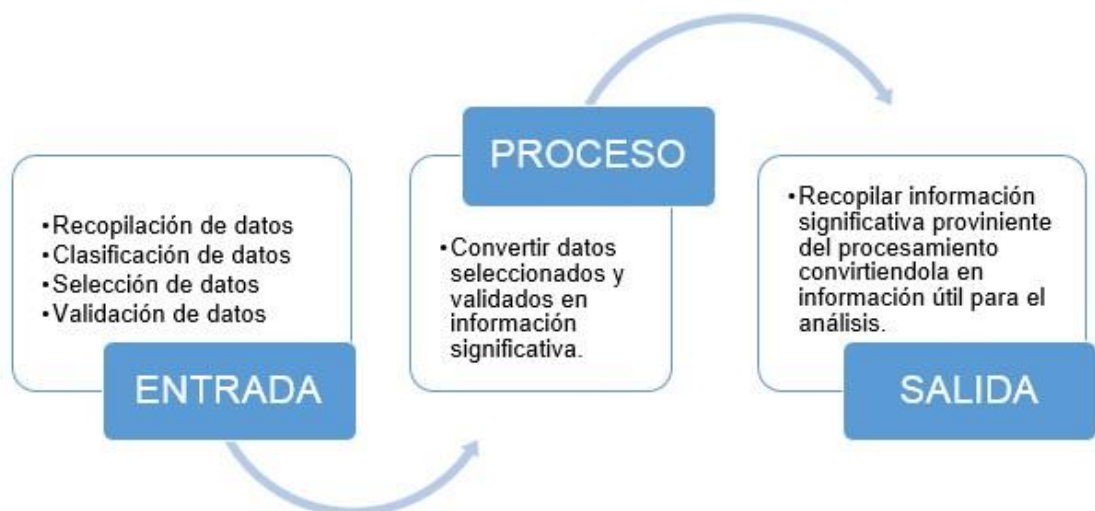
Gráfico N° 03: Procedimiento de Recolección de Datos



Fuente: Elaboración Propia 2021

El procedimiento seguido para procesamiento, análisis e interpretación de datos se representa en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 04: Procedimiento de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Datos



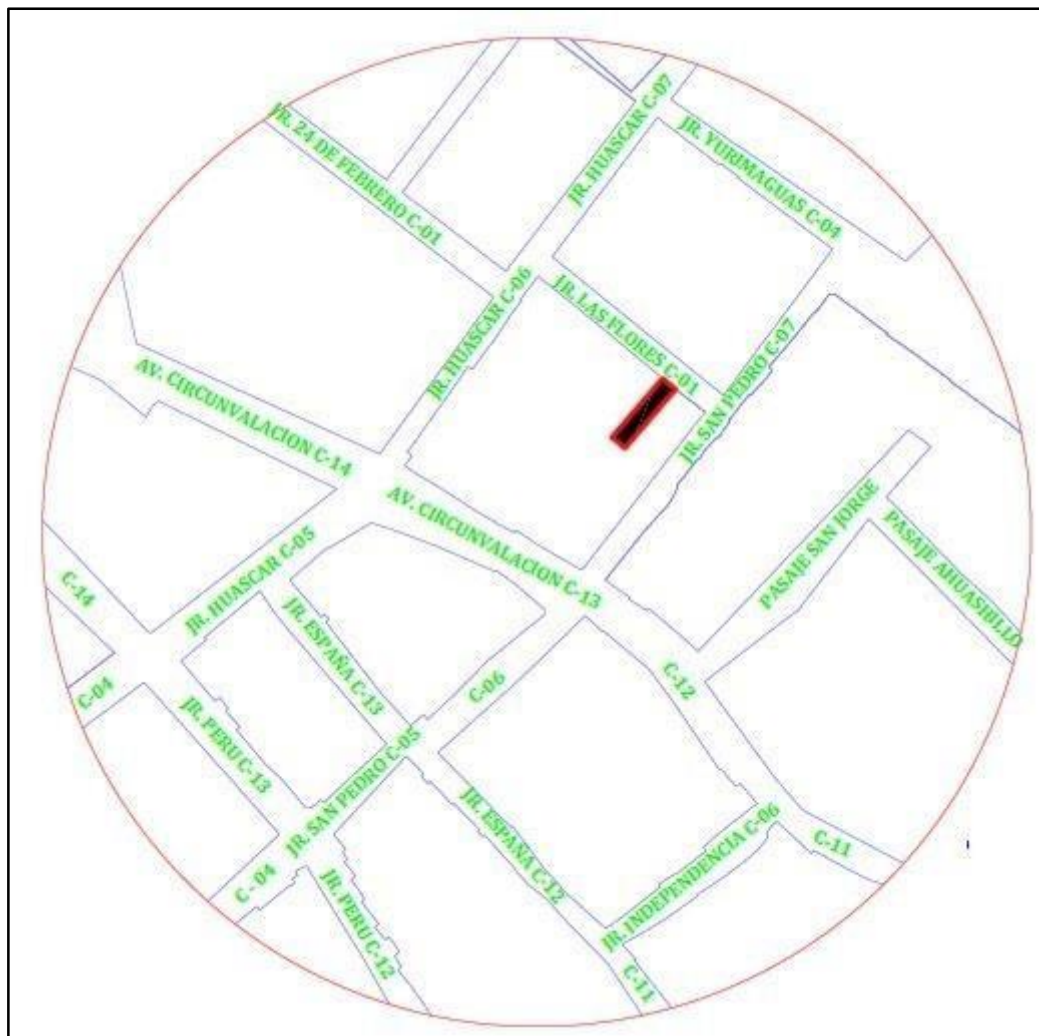
Fuente: Elaboración Propia 2021

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción del Caso de Estudio

El caso de estudio es una vivienda unifamiliar de propiedad de la Sra. Elda Díaz Silva, ubicada en el Jr. Las Flores N° 125, distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, departamento de San Martín, la misma que se encuentra en buen estado de conservación y presta las condiciones de infraestructura necesaria para realizar las mediciones necesarias para llevar a cabo la investigación.

Gráfico N° 05: Ubicación Geográfica



Fuente: Elaboración Propia, 2021

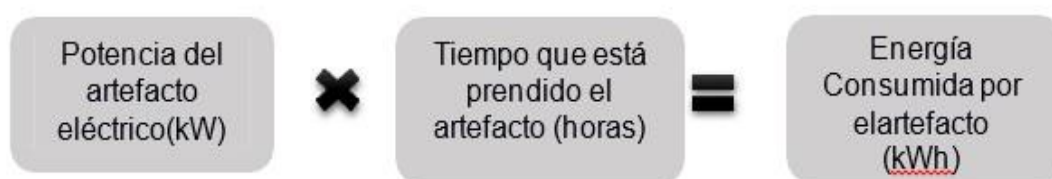
4.2. Resultados del cálculo de consumo de energía eléctrica de la edificación materia de estudio

El consumo eléctrico viene a ser la cantidad de kilovatios (kWh) que se emplean en una vivienda durante un determinado periodo de tiempo, siendo medido por el contador instalado en la vivienda por la empresa prestadora de servicios (Electro Oriente), la misma que facilita la lectura. En los recibos de consumo eléctrico que se distribuyen mensualmente por la empresa prestadora de servicios de electricidad, este aspecto aparece bajo el nombre de “término de consumo” y es donde la compañía aplica el precio del kWh para contabilizar cuánto tiempo que pagar el consumidor por ello.

El cálculo del consumo de electricidad es un aspecto muy importante, no solo porque ayuda a determinar una parte del costo eléctrico sino porque ofrece información del suministro y también de las necesidades que se tienen que cubrir.

La energía eléctrica que consume un artefacto eléctrico (kWh), se determina multiplicando la potencia de dicho artefacto (kW) por la cantidad de horas que está prendido (horas).

Gráfico N° 06: Energía eléctrica consumida por artefacto



Fuente: Guía para calcular el consumo de energía eléctrica, Osinerg

De acuerdo a la Guía para calcular el consumo de energía eléctrica vigente de OSINERG, se pudo conocer el consumo mensual de energía eléctrica de la vivienda unidad de análisis. Todos los cálculos hechos son referenciales, pudiendo ser mayores o menores de acuerdo con los hábitos de consumo de los usuarios y del tiempo efectivo de funcionamiento de los artefactos.

Tabla 05: Cálculo del consumo de energía eléctrica de la vivienda materia de estudio

ARTEFACTOS ELÉCTRICOS QUE UTILIZA NORMALMENTE	POTENCIA ELÉCTRICA		CANT. DE ARTE F.	HORAS DE CONSUMO DIARIO	DÍAS DE CONSUMO EN UN MES	CONSUMO MENSUAL EN kWh
	Watts	kW				
Fluorescente de 40 W	50	0.05	21	1	20	21
Foco ahorrador	20	0.02	7	2	20	5.6
Computadoras	300	0.3	5	4	20	120
Copiadora	100	0.1	1	0.50 (1/2 hora)	15	0.75
Impresora	200	0.2	2	0.50 (1/2 hora)	20	4
TV de 20"	100	0.1	1	2	15	3
TV de 14"	80	0.08	1	1	15	1.2
Refrigeradora	350	0.35	1	6	20	42
Equipo de sonido	80	0.08	2	3	24	11.52
Teléfonos	80	0.08	2	8	27	34.56
Cámaras de seguridad	30	0.03	3	24	30	64.8
Luces de emergencia	20	0.02	2	24	30	28.8
Ventilador	100	0.10	9	4	27	97.2
TOTAL DE CONSUMO PROMEDIO						0.6268x434.43 = s/. 272.300

Fuente: Elaboración propia, 2021 con información de la Guía OSINERG.

Según el historial de recibos de consumo de energía eléctrica brindada por el propietario de la vivienda unidad de análisis, por las características de la edificación el monto por el consumo que paga el usuario está en el intervalo entre S/ 250 y S/ 300 soles mensuales en consumo de energía eléctrica, teniendo en cuenta las horas de consumo. El consumo aproximado es de 434.43 kW al mes y éste monto es multiplicado por la tarifa eléctrica (S/. 0.6268).

Dentro de las instalaciones de la vivienda se identificó el funcionamiento de 9 ventiladores, las cuales según el cálculo

efectuado consumen mensualmente 97.2 kWh al mes.

Asimismo, para la elección tarifaria se debe tener presente el consumo de la energía en horas punta (entre las 18:00 – 23:00 horas) y fuera de las horas punta (horas no comprendido en horas punta).

4.3. Resultados del Cálculo del ahorro energético y económico generado por la implementación de un techo verde de tipo indirecto.

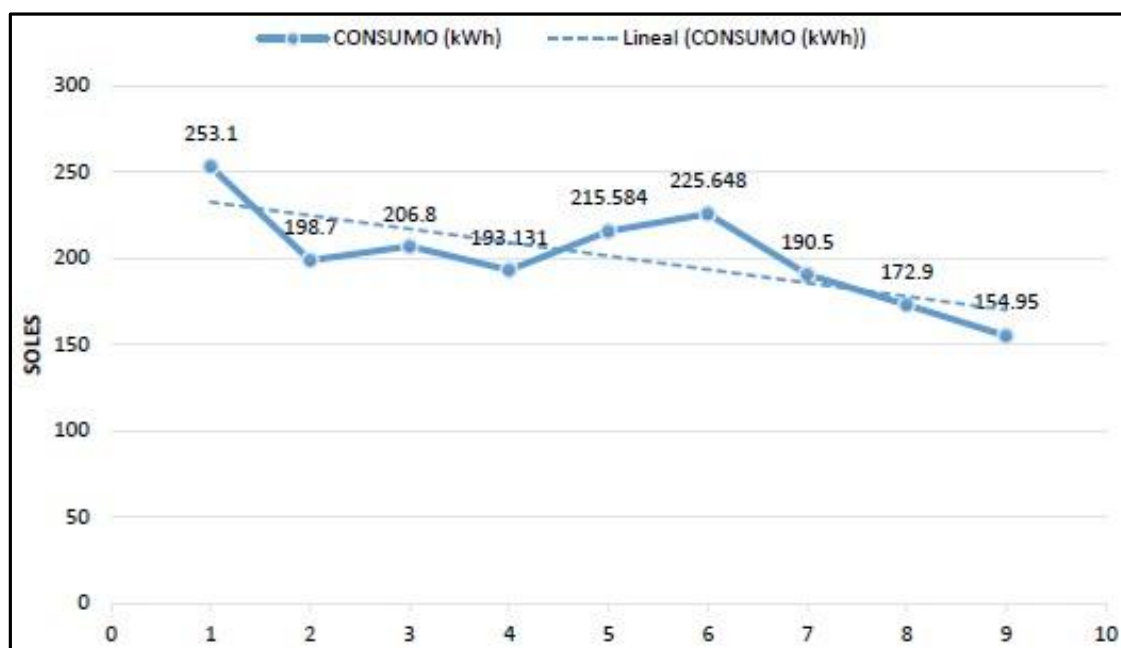
Para poder conocer el ahorro energético y económico, tenemos que tener de referencia el consumo de energía eléctrica, mediante los montos de recibos de luz, de meses antes, y después de ser implementado el techo verde.

Tabla 06: Consumo de energía eléctrica periodo febrero - octubre 2021

CONSUMO MENSUAL	ENERGÍA ACTIVA	CONSUMO MENSUAL + IMPUESTOS (RECIBO DE LUZ)
Total consumo mensual febrero	S/.253.1	S/.309.90
Total consumo mensual marzo	S/ 198.7	S/ 254.80
Total consumo mensual abril	S/206.8	S/ 262.80
Total consumo mensual mayo	$0.6210 \times 311 = \text{S/ } 193.131$	S/ 245.50
Total consumo mensual junio	$0.6267 \times 344 = \text{S/ } 215.585$	S/ 273.40
Total consumo mensual julio	$0.6268 \times 360 = \text{S/ } 225.648$	S/ 281.70
Total consumo mensual agosto	S/. 190.5	S/ 256
Total consumo mensual Setiembre	S/. 172.9	S/ 239
Total consumo mensual Octubre	S/. 154.95	S/ 221

Fuente: elaboración propia, 2021, con información de recibos de consumo de energía eléctrica.

Gráfico 07: Consumo de energía eléctrica periodo febrero - octubre 2021



Fuente: elaboración propia, 2021

El techo verde se implementó los meses de junio, julio y agosto de manera secuencial y progresiva, encontrándose ya implementado completamente en el mes de octubre de 2021, retirándose por completo a partir de este mes los ventiladores, teniendo como resultado la disminución del consumo de energía eléctrica.

4.4. Ahorro Energético y Económico

El cálculo del ahorro energético y económico se represente en la siguiente tabla.

Tabla 07: Ahorro energético y económico por el uso de ventiladores

ARTEFACTOS ELÉCTRICOS QUE UTILIZA NORMALMENTE	POTENCIA ELÉCTRICA		CANT. DE ARTEF.	HORAS DE CONSUMO DIARIO	DÍAS DE CONSUMO EN UN MES	CONSUMO MENSUAL EN kWh
	Watts	kW				
Ventilador	100	0.10	9	4	27	97.2
TOTAL DE CONSUMO PROMEDIO MENSUAL						0.6268×97.2 = s/. 60.92496

Fuente: Elaboración propia, 2021. (S/. 0.6268 por kWh, Ley de tarifa única de electricidad)

En la tabla 07 se aprecia que cada uno de los ventiladores consume 100 watts, habiendo retirado los 9 ventiladores al implementar el techo verde, estaremos reduciendo 97.2 consumo mensual en kWh. El ahorro económico por el no uso de ventiladores será aproximadamente y en promedio mensual de S/ 60.00 soles, el cual reducirá porque ya no se usarán los ventiladores.

4.5. Diseño e implementación del modelo de techo verde

El material que se escogió para la construcción del techo verde indirecto, fue las macetas con plástico grueso, por ser un material resistente, de bajo costo, aislante, liviano, de fácil consecución, muy usado y adaptable. Posteriormente se pesaron las macetas con y sin sustrato, para determinar la carga total, saber si el peso era adecuado para el techo y evitar fallas en su estructura en caso de exceso. Se obtuvo un peso promedio de 0.60 Kg sin sustrato y 10 Kg con sustrato y planta y el peso en condiciones de saturación con agua es en promedio de 15 kg por jaba.

El modelo del techo verde planteado se cubrió en un aproximado del 50% del área total del techo, 200m². Se espaciaron las macetas a 30 cm de distancia, teniendo como peso aproximado 60 kg por m², lo cual no pone en riesgo el comportamiento estructural del techo de la azotea de la vivienda materia de análisis, además se evitó que las macetas tengan contacto directo con el techo de concreto, para lo cual se colocó una base de madera de 5 cm de altura.

Se seleccionadas diferentes especies de plantas de raíces cortas para sembrar y trasplantar, de acuerdo al siguiente detalle.

a) Hortalizas

- Liliáceas: ajo, cebolla.
- Solanáceas: tomate.
- Compuestas: lechuga.
- Umbelíferas: apio, perejil.

b) Plantas Aromáticas y Medicinales

- Sábila (aloe vera).
- Menta (Mentha spp.)
- Orégano

c) Plantas Ornamentales

- Flores.
- Enredaderas.

Posteriormente al sembrado se colocó un elemento para dar sombra al techo verde indirecto con la instalación de malla rashell, para proteger de las condiciones ambientales extremas del techo a la vegetación en crecimiento ya que estas condiciones podrían secarlas, y matarlas, como un mecanismo de regulación. Esta malla rashell fue solo temporal, estando instalada solo durante el periodo en el que las plantas se adaptaron y se desarrollaron en el ambiente del techo; después fue retirada para que crecieran en las condiciones normales del entorno y clima.

La presión del agua en la zona donde se ubica la vivienda es adecuada por lo que no existieron inconvenientes para el riego, la misma que se realizó en forma inter diaria a partir de las 6:00 pm. El crecimiento de las plantas se dio de manera progresiva, la implementación del techo duró los meses de mayo y junio. La toma de datos se hizo cada fin de semana, una vez ya implementado el techo, durante todo el día.

4.6. Temperatura de la superficie de la azotea, en los dos escenarios, con techo verde y sin techo verde.

Para entender mejor el análisis realizado en las tablas 08 y 09 se presentan los resultados de las mediciones de las temperaturas superficiales sin y con techo verde.

Tabla 08: Temperatura de la superficie de la azotea sin techo verde

Temperatura (°C) de la superficie de la azotea sin techo verde												
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Promedio T (°C)	32.9	34.5	33.4	32.6	34.1	33.2	32.7	33.8	33.3	33.9	32.1	32.3

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 09: Temperatura de la superficie de la azotea con techo verde

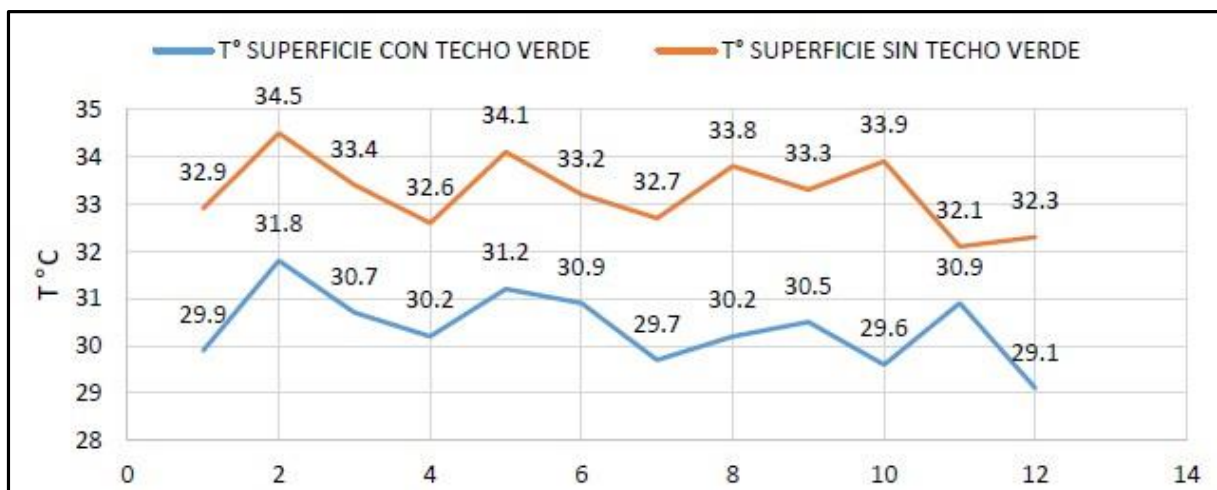
Temperatura (°C) de la superficie de la azotea con techo verde												
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Promedio T (°C)	29.9	31.8	30.7	30.2	31.2	30.9	29.7	30.2	30.5	29.6	30.9	29.1

Fuente: Elaboración propia, 2021

Las temperaturas más altas se encontraron entre las 12:00 p.m. y a las 2:00 p.m., y las temperaturas más bajas se encontraron en las horas de la mañana entre las 6:00 a.m. y las 7:00 a.m. Respecto a los valores promedio, el escenario con techo verde tuvo el menor con 30.39°C en comparación con el escenario sin techo verde que fue de 33.24°C, con una diferencia de 2.85°C.

Para tener un enfoque comparativo más grafico a continuación se muestran las temperaturas promedio, durante los 3 meses de toma de datos, sin y con la implementación del techo verde.

Gráfico 08: Temperatura de la superficie de la azotea, sin y con techo verde indirecto



Fuente: Elaboración propia, 2021

4.7. Análisis estadístico para temperaturas de la superficie de la azotea, en los dos escenarios (con techo verde y sin techo verde).

Los resultados obtenidos de la prueba estadística por parejas o prueba t son:

- ✓ $t_{1/2; n_1 + n_2 - 2} = t_{0.0025, 22} = 2.074$
- ✓ $|t_o| = 7.87 > 2.074$
- ✓ No se acepta H_0
- ✓ Existen diferencias significativas entre las 2 medias al nivel de confianza del 95%.

Este análisis permitió confirmar que, si hay una diferencia estadísticamente significativa, debido a que el valor de la significancia fue 7.87 que es un valor mayor a 0.05.

4.8. Temperatura del cielo raso en los dos escenarios, con techo verde y sin techo verde.

Las tablas 10 y 11 presentan las temperaturas superficiales del techo sin y con techo verde. Las temperaturas más altas se encontraron entre las 12:00 p.m. y las 2:00 p.m., y las temperaturas más bajas se encontraron entre las 6:00 a.m. y 7:00 a.m.

Tabla 10: Temperatura del cielo raso sin techo verde indirecto

Temperatura (°C) superficial sin techo verde												
Hora/semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Promedio T (°C)	29.3	28.7	29.1	27.9	29.5	29.9	28.3	27.8	29.4	28.3	27.7	29.1

Fuente: Elaboración Propia, 2021.

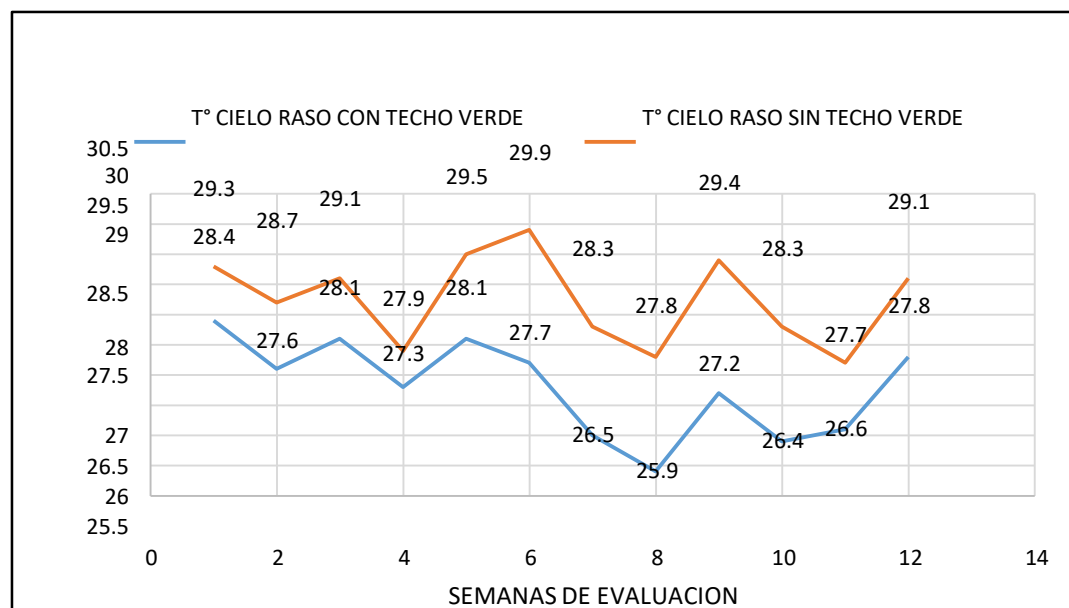
Tabla 11: Temperatura del cielo raso con techo verde indirecto

Temperatura (°C) superficial con techo verde												
Hora/semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Promedio T (°C)	28.4	27.6	28.1	27.3	28.1	27.7	26.5	25.9	27.2	26.4	26.6	27.8

Fuente: Elaboración Propia, 2021.

Respecto a los valores promedio obtenidos, el escenario con techo verde tuvo el menor con 27.3°C, en comparación con el escenario sin techo verde, que fue de 28.72 °C, con una diferencia de 1.42 °C. El gráfico siguiente presenta las temperaturas del cielo raso dentro de las instalaciones de la vivienda unidad de análisis para la presente investigación durante los 3 meses de evaluación.

Gráfico 09: Temperatura del cielo raso sin y con techo verde y sin techo verde indirecto



Fuente: Elaboración propia, 2021

4.9. Análisis estadístico para temperaturas del cielo raso , sin y con techo verde indirecto

Los resultados obtenidos de la prueba estadística por parejas o prueba *t* son:

- ✓ $t_{1/2}; n_1 + n_2 = t_{0.0025, 22} = 2.074$
- ✓ $|t_o| = 3.18 > 2.074$
- ✓ No se acepta H_0
- ✓ Existen diferencias significativas entre las 2 medias al nivel de confianza del 95%.

La evaluación realizada permitió confirmar que, si hay una diferencia estadísticamente significativa, debido a que el valor de la significancia fue 7.87 que es un valor mayor a 0.05.

4.10. Temperatura ambiente sin y con techo verde indirecto.

Las tablas 12 y 13 presentan las temperaturas ambientales sin y con techo verde indirecto.

Tabla 12: Temperatura ambiente, interior sin techo verde

TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR SIN TECHO VERDE (°C)												
Hora/Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
06:00	20.3	21.4	20.9	21.4	22.1	23.8	22.8	21.9	21.6	22.4	23.1	22.9
09:00	22.3	23.2	25.9	24.1	23.6	22.8	24.7	24.9	24.1	25.1	23.4	23.5
12:00	25.1	24.9	24.7	25.7	25.1	24.9	26.6	25.7	25.1	24.8	24.7	25.1
15:00	27.9	27.2	26.9	29.6	28.5	29.7	29.3	28.8	27.9	29.1	28.5	27.5
18:00	31.5	31.2	30.3	30.7	31.1	30.6	34.8	32.3	31	30.2	29.8	29.9
21:00	29.9	30.6	30.2	30.6	32.5	31.2	31	30.6	29.5	30.4	30.1	28.6
mínimo T (°C)	17	16.9	16	16.5	16.2	17.8	15.2	17.5	16.9	17.2	15.8	16.1
máximo T (°C)	29.5	28	29.9	26.2	27.3	28.5	27.4	26.6	25.9	26.1	27.7	28.2
Promedio T (°C)	26.2	26.4	26.5	27.0	27.2	27.2	28.2	27.4	26.5	27.0	26.6	26.3

Fuente: Elaboración Propia, 2021, con información de SENAMHI

Tabla 13: Temperatura ambiente, interior con techo verde

TEMPERATURA AMBIENTE CON TECHO VERDE (°C)												
Hora/Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
06:00	21.1	21.9	22.2	21.9	22.1	22.3	21.9	20.8	21.3	22.5	22.3	22.6
09:00	22.9	23.3	23.9	24.1	23.8	23.7	22.8	21.9	22.6	23.6	23.4	23.4
12:00	24.1	24.9	25.1	25.7	25.8	24.7	24.9	23.1	23.9	24.9	24.7	24.8
15:00	24.9	25.1	25.9	26.1	26.3	25.7	25.4	25.1	24.9	25.9	26.1	26.1
18:00	28	28.9	27.5	27.9	29.3	26.9	27	29.3	28.9	29.9	28.4	29.7
21:00	27.4	27.5	26.5	26.2	28.4	25.9	26.3	28.6	27.3	27.9	27.1	26.9
mínimo T (°C)	16.9	16.9	15.7	17.2	15.8	15.1	16.2	15.9	16.5	17.2	16.8	17.6
máximo T (°C)	27.8	27.3	26.5	26.1	26.7	27.3	26.1	25.3	25.2	24.1	24.6	25.9
Promedio T (°C)	24.7	25.3	24.9	25.3	26.0	24.9	24.7	24.8	24.8	25.8	25.0	25.6

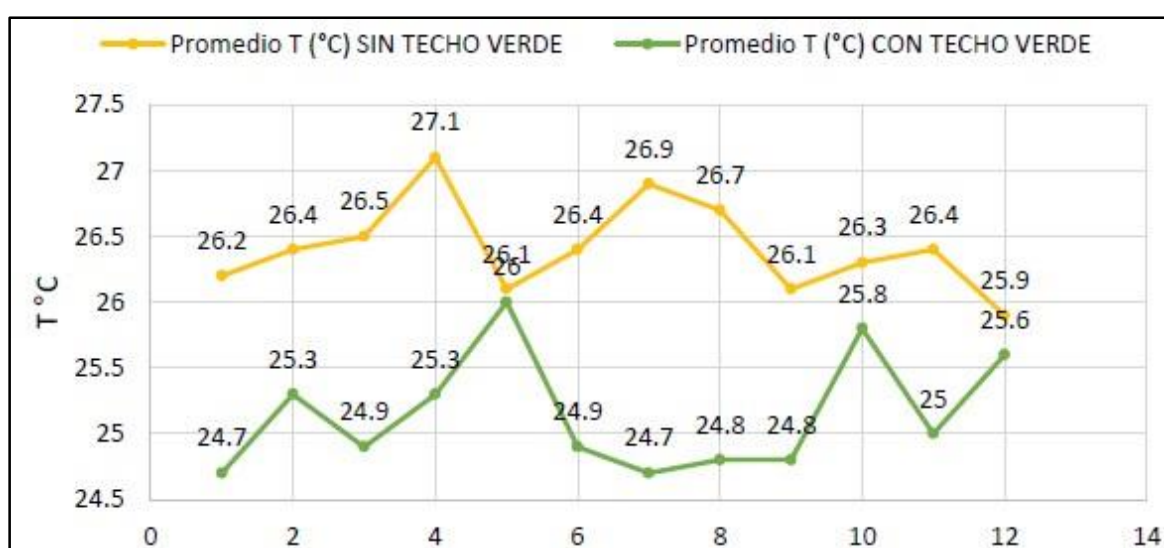
Fuente: Elaboración Propia, 2021, con información de SENAMHI

Los valores presentados determinan un comportamiento semejante en la variación de la temperatura en los periodos de muestreo. Al promediar las temperaturas ambientales en todas las horas de muestreo, se encontró que el escenario con techo verde tuvo la temperatura promedio más baja, 25.15 °C y la temperatura promedio sin techo verde fue de 26.41 °C. Hubo una diferencia de 1.26 °C.

4.11. Temperatura ambiente con respecto a la hora.

El gráfico 10 representa la variación de la temperatura ambiente de acuerdo a las horas, en las condiciones sin y con techo verde. Las mediciones del techo verde estuvieron por debajo de todo casi todo el tiempo de muestreo excepto en las horas de la mañana. Los indicadores más altos de temperatura son a partir del medio y va bajando por noches, donde se evidencia la mayor diferencia, o disminución de temperatura del techo verde.

Gráfico 10: Variación de la Temperatura ambiente interior sin y con techo verde



Fuente: Elaboración Propia, 2021.

4.12. Análisis estadístico para temperatura ambiente, en los dos escenarios (con techoverde y sin techo verde)

Los resultados obtenidos de la prueba estadística por parejas o prueba t son:

- ✓ $t_{\frac{1}{2}; n_1 + n_2 - 2} = t_{0.0025, 22} = 2.074$
- ✓ $|t_o| = 6.44 > 2.074$
- ✓ No se acepta H_0
- ✓ Existen diferencias significativas entre las 2 medias al nivel de confianza del 95%.

Este análisis permitió confirmar que, si hay una diferencia estadísticamente significativa, debido a que el valor de la significancia fue 6.44 que es un valor mayor a 0.05.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos se pudo observar que los techos verdes indirectos son una alternativa para lograr aislamiento térmico, siendo más significativo durante el verano. Las comparaciones realizadas establecen que la temperatura redujo en 1.26 °C, disminuyendo de esa manera la temperatura ambiente dentro de las instalaciones de la vivienda materia de estudio, logrando el uso innecesario de ventiladores, aires acondicionados, etc., al generar en promedio un ahorro económico de S/ 60.92 soles, y un ahorro energético mensual de 97.2 kWh.

La cobertura escogida para implementar el concepto de techo verde fue de tipo indirecta, considerando la información obtenida de nivel secundaria y referencias de estudios anteriores.

El techo verde de tipo indirecto es una buena alternativa ya que tiene una relación directa con el peso siendo esta opción la más liviana y factible de implementar por no requerir grandes inversiones y/o recursos materiales y económicos.

Según lo que se ha mencionado en el marco conceptual sobre la disminución de temperatura por una cobertura vegetal, algunas referencias dieron valores más altos, como menciona Jaffal (2012) quien afirma que la cobertura total del techo puede disminuir la temperatura dentro del hogar de 6 a 9 °C en verano. La diferencia de los resultados con este proyecto puede deberse al área del techo verde. El presente estudio se realizó en un área de 200 m² de azotea, lo cual representa aproximadamente el 50% del área total del techo.

En otros estudios se implementaron áreas mayores o hasta la totalidad del techo donde generaban mayor cobertura (Jaffal, 2012), lo que concuerda con lo que dice el arquitecto Adams (2004) que a mayor cobertura del tejado con vegetación la variación de temperatura va a ser mayor hasta cierto punto. Así lo menciona González et alen Briz (2004:245-247) en un estudio de

arquitectura bioclimática donde la vegetación, la cantidad, el tipo, y la forma de la misma, es muy importante en la atenuación de temperatura en el interior de las viviendas, rectificando lo que se ha mencionado sobre que la cantidad de vegetación o cobertura en el techo influye en la variación de la temperatura ambiente. Se puede pensar que si se hubiese construido el techo verde en un área más grande, como la totalidad de está, la atenuación de temperatura habría sido mayor.

En todo momento existió la variación de temperaturas superficiales en el interior de la vivienda materia de estudio con relación a los valores del techo verde y sin techo verde, donde la temperatura del techo verde siempre estuvo por debajo que el de sin techo verde.

La temperatura superficial del techo fue muy notable la diferencia, muy parecido a los resultados de Teemusku y Mander (2010) quienes compararon temperaturas de un techo convencional con uno con techo verde, y la mayor diferencia de temperatura fue debajo del sustrato y de la planta, como sucedió en el presente estudio. Esto pudo deberse a la vegetación, al sustrato y las guaduas (recipientes) del techo verde, ya que realizaron un efecto “barrera” de los rayos solares y se produjo la disminución de la temperatura del techo y del ambiente dentro del hogar (Ibañez, 2004; Briz, 2004), como ocurre con la sombra de los árboles.

Otros factores que influyeron en la atenuación de la temperatura del techo son el riego, el agua y el sustrato. Mark et al (2008) y Tobares (2009) afirman que la atenuación de la temperatura de los techos verdes puede deberse a la evotranspiración y aumento de la reflexión que produce las plantas, la biomasa, el sustrato y el riego. La unión de todos estos procesos hace que la temperatura disminuya.

5.2. CONCLUSIONES

- En el interior de las aulas con techo verde de un área de 200 m² la temperatura se redujo en 1.26 ° C, sin embargo en el área sin techo verde la temperatura se mantuvo.
- La construcción de techos verdes no está actualmente normada en nuestro país, sin embargo, existen documentos técnicos, recomendaciones y bibliografía adecuada que permiten su correcta implementación en edificaciones.
- Se hace necesario realizar estudios sobre los techos verde, debido a la escasez de información que se ha observado y a la inexistencia de un modelo que permita simular el comportamiento de los techos verdes, con el fin de estimar sus efectos como aislantes y diseñar conscientemente a futuro.
- Los techos verdes de tipo indirecto con maceteros, no requieren mayores presupuestos ni recursos para su implementación, por lo que se configura en una opción bastante factible.
- El uso de techos verdes ayuda a disminuir la temperatura en zona de tierra caliente, pero su grado de atenuación depende de del área cubierta, de las plantas, el sustrato, los materiales y el tipo de techo verde que se implemente.
- El desconocimiento existente sobre la metodología de techos verdes pueden ser limitantes toda vez que este desconocimiento causa por la percepción de las personas desconfianza a la hora de implementar la propuesta.
- El área, el tipo de techo verde, las plantas, el sustrato y los materiales de los techos verdes influyen directamente sobre los beneficios que se pueden obtener y, en este caso, sobre la temperatura.

5.3. RECOMENDACIONES

- Las condiciones para la implementación de un techo verde no son las mismas, varían de acuerdo a la zona climatológica por lo que se recomienda realizar evaluaciones individualidad o por zonas climatológicas para asegurar su funcionalidad.
- Es recomendable utilizar en techos verdes tipos de plantas enraizadas con la finalidad de acelerar el proceso de desarrollo del techo verde.
- En condiciones extremas de temperatura, es necesario utilizar un protector o una polisombra tipo malla raichel para coadyuvar al crecimiento y adaptación de las plantas en el techo sin que se sequen o mueran.
- Para cuantificar los beneficios de esta tecnología se debe tener presente el área y cobertura del techo verde, además de llevar un constante registro o monitoreo de su comportamiento.
- Es necesario ahondar en este tipo de investigaciones con la finalidad de concientizar a la población sobre alternativas que coadyuven a mitigar los efectos del cambio climático y los impactos ambientales que estos generan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, P. (2004) Jardines colgantes arquitectura del paisaje urbano. Editorial Loft, Barcelona, España, 8-14pp.
- Almanera, J. P. (01 de 02 de 2017). Comercio. Radiación aumenta hasta en 45% en suelos de concreto o en arena, pág. 3.
- AETS, ECONOLER, Estudio de Mercado de Eficiencia Energética en Chile, Gobierno de Chile [en línea] Santiago, Chile.
- Alan K. Betts; John H. Ball (1997). «Albedo over the boreal forest». Journal of Geophysical, Archivado desde el original el 30 September 2007. Consultado el 27 de agosto de 2007.
- Beraún, C. (16 de 11 de 2016). Huánuco soporta temporada de calor más alta de los últimos años. Senamhi pronosticó mayor cantidad de radiación durante el mes de noviembre y exhorta al cuidado de la piel e hidratación., pág. 8.
- Beraún, C. (20 de 12 de 2016). Huánuco: Escolares reciclan en biohuertos. Huánuco: Escolares reciclan en biohuertos, pág. 7.
- Briz, J. 2004. Naturación urbana cubiertas ecológicas y mejora medioambiental. Grupo mundi- prensa, Madrid, España.
- Cristancho, N. (2011). Techos verdes en Bogota, una alternativa ambiental con beneficios técnicos. Tesis de pregrado, Universidad la Gran Colombia, facultad de ingeniería civil, Bogotá.
- Cruz, S. (2012) Las Azoteas verdes, una alternativa sustentable ante la acelerada urbanización, disponible en <http://ecotecnologiasparaelbienestar.wordpress.com/ecotecnologias/azoteas-verdes/>. Recuperado: 25 de julio 2012.
- Forero, C. y Devia, C. (2011) Mejora de las condiciones de habitabilidad y del cambio climático a partir de ecotechos extensivos. Cuadernos de

vivienda y urbanismo. Vol 8, No 8.

- Gaffin, R., C. Rosenzweig, J. Eichenbaum, R. Khanbilvardi y T. Susca. (2010) A temperature and seasonal energy analysis of green, white and black roofs. Columbia university, center for climate systems research. New York, pp. 19.
- Garcia, I., 2010. Beneficios de los sistemas de naturación en las edificaciones. SNES- ABC, 22. Gernot, M., 2004. Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos. Fin de Siglo. Montevideo. 85 p.
- Gonzalez E. (2004) Cubiertas verdes en Madrid. Revista naturacion urbana. Higuera E. (2006) Urbanismos bioclimático. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.
- Hoffman, L. (2006) Combating combined sewer flow: Green roof storm water modeling. Biocycle.
- Hoz, K. I. (2013). Más techos verdes en las azoteas de Lima. pluómetro, 3.
- Ibañez, A. (2008). Techos vivos extensivos: una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. Revista de arquitectura Alarife, pp. 21-35.
- Inga, J. (2018). Evaluación de la reducción del consumo de la energía eléctrica, mediante la implementación de un techo verde de tipo indirecto al interior de la I.E.P. Peruano – Alemán.
- Koniechi, A. (s.f). Manual de Azoteas Verdes, disponible http://www.azoteasverdes.org/wp/?page_id=43. Recuperado: 25 de julio del 2012.
- Marín, T. (2012). Reducir las islas de calor con techos fríos o blancos. EcoHabitar, pag.12.
- Minke, G. Techos verdes planificación, ejecución, consejos prácticos. Editorial fin de siglo, Montevideo, Uruguay.

- MONJO GARRIÓ, J.: Evolución de la cubierta plana. La cuarta generación, en Seminarios del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Cananas, N° 13, Madrid, Editorial Agrícola Española, S.A., 1998.
- MORENO, A.: La energía. Madrid, Editorial Acento, 1997
- NEILA, F. J.; BEDOYA, C: Acondicionamiento y energía solar en arquitectura. Madrid, Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1986.
- NEILA, F. J.; BEDOYA, C: Técnicas arquitectónicas y constructivas de Acondicionamiento ambiental, Madrid, Editorial Munilla-León, 1997.
- Odum, E. P., & Barrera, J. I. (2002). Acercamiento a la ecología de la restauración. Revista de la Facultad de Ciencias, 11-24.
- Olaechea, F. B. (11 de 12 de 2012). La Molina: nuevas casas deberán tener techos con áreas verdes. El comercio, pág. 5.
- Ortega, A. (2012). Cubiertas vegetales, una revision histórica y técnica. Universidad nacional autónoma de mexico.
- Teemusk, A., y Mander, U., 2009. Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia. Building and Environment, 44(3), 643- 650.
- Williams, N. S. G., Rayner, J.P., y Raynor, K. J., 2010. Green roofs for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. Urban Forestry & Urban Greening, 9 (3), 245- • 25
- YÁÑEZ, Guillermo: Arquitectura solar, Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural. Madrid, Monografías de la Dirección General para la Vivienda y Arquitectura, 1988.