ESCUELA DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA PRIVADA

TOULOUSE LAUTREC

TECHOS VERDES EN PERÚ

Tesis para obtener el Título Profesional Licenciado en

Arquitectura de Interiores

AUTORES:

LIZBETH MILAGROS CANAL ROMANO

0000-0003-4435-7450

Asesora

DIANA ORIHUELA IBAÑEZ

0000-0002-5986-7130

Lima-Perú

2021

Tesis canales.docx

Desarrollo Educativo S.A. Instituto Toulouse Lautrec

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::11391:531493568

Fecha de entrega
21 nov 2025, 6:00 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
21 nov 2025, 6:03 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
Tesis canales.docx

Tamaño del archivo
5.3 MB

50 páginas

8888 palabras

51.176 caracteres

22% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas

Fuentes principales

18% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Tabla de contenido

Lista de figuras…….. 3

Resumen…… 4

Abstract……. 5

Capítulo I: El Problema…… 6

1.1. Planteamiento del Problema…….. 6

1.2. Preguntas de investigación…… 9

1.3. Objetivos de Investigación…… 10

Capítulo II: Marco Teórico……... 11

2.1. Mapa de Literatura……. 11

2.2. Antecedentes de Investigación…… 11

2.3. Desarrollo de la Perspectiva Teórica…….. 15

2.3.1. Definición, tipos y componentes de los techos verdes……..…. 15

2.3.2. Requerimientos mínimos de operatividad del sistema y mantenimiento.18

2.3.3. Beneficios de los techos verdes…….. 21

2.3.4. Normativa……..…… 24

Capítulo III: Metodología……. 28

Capítulo IV: Resultados…… 29

4.1 Análisis de Resultados…… 29

4.2. Recomendaciones…… 41

Referencias……. 43

Lista de Figuras

Figura 1. Componentes de los techos verdes…… 18

Figura 2. Mantenimiento de un techo verde……. 20

Figura 3. Beneficios de los techos verdes……..… 23

Figura 4. Edificio Real Seis del Centro Empresarial Real de San Isidro…… 30

Figura 5. Los países más contaminados del mundo en el 2020 (PM 2.5) según IQR.… 31

Figura 6. Las ciudades más contaminadas en el Perú en el 2020 (PM 2.5)…… 32

Figura 7. Evolución gráfica de las emisiones de CO2 en el Perú..... 33

Figura 8. Evolución numérica de las emisiones de CO2 en el Perú…….. 33

Figura 9. Uso de azoteas en Lima……..… 34

Figura 10. Ranking de los diez (10) puntos con mayor nivel de presión sonora en la Provincia de Lima……..… 37

Figura 11. Concepto de islas de calor urbanas…….. 39

Resumen

Con el trascurrir de los años, se ha evidenciado en el Perú, un incremento de la población a nivel de la capital, esto ha traído como consecuencia el aumento de la construcción de viviendas, el acaparamiento de áreas libres, el hacinamiento y el incremento de la contaminación debido al uso inadecuado de los recursos naturales. Estos problemas van a seguir aumentando si es que no se toman medidas necesarias para mejorar la calidad de vida de los peruanos. Estas medidas incluyen la implementación de edificaciones sostenibles y el aumento de aéreas verdes alternativas.

Una de las estrategias para tener áreas verdes en espacios reducidos, son los techos verdes, los cuales son una tecnología que se ha ido expandiendo en los países desarrollados y ha demostrado los múltiples y enormes beneficios que implican en la mitigación de los efectos de la contaminación ambiental.

Esta investigación es una recopilación de información sobre los techos verdes en el Perú, los objetivos principales fueron describir las iniciativas de su implementación, analizar la influencia de los techos verdes en la reducción de la contaminación y proponer estrategias que puedan promover la adopción de techos verdes en los nuevos proyectos en Lima.

Finalmente se concluye que, en el Perú existen pocos estudios experimentales sobre la implementación y la verificación de los múltiples beneficios de los techos verdes, considerando que tenemos una gran variedad de climas y topografía, sería muy útil comparar estos sistemas en sus diversos tipos y en diferentes contextos y evaluar cuáles producen más ventajas en relación a otros. También se infiere que existen normativas para la mejora de las condiciones ambientales de las ciudades pero aún son mínimas en comparación al gran daño que ya hemos causado a nuestro país, estas ordenanzas deberían ser extensivas y necesarias a todo el territorio nacional.

Palabras clave: techos verdes, construcción sostenible, arquitectura, contaminación.

Abstract

Over the years, there has been evidence in Peru, an increase in the population at the capital level, this has brought as a consequence the increase in the construction of houses, the hoarding of free areas, overcrowding and the increase of pollution due to improper use of natural resources. These problems will continue to increase if necessary measures are not taken to improve the quality of life of Peruvians. These measures include the implementation of sustainable buildings and the increase of alternative green areas.

One of the strategies to have green areas in reduced spaces is green roofs, which are a technology that has been expanding in developed countries and has demonstrated the multiple and enormous benefits that they imply in mitigating the effects of pollution. environmental.

This research is a compilation of information on green roofs in Peru, the main objectives were to describe the initiatives of its implementation, analyze the influence of green roofs in reducing pollution and propose strategies that can promote the adoption of green roofs in the new projects in Lima.

Finally, it is concluded that in Peru there are few experimental studies on the implementation and verification of the multiple benefits of green roofs, considering that we have a great variety of climates and topography, it would be very useful to compare these systems in their various types and in different contexts and evaluate which ones produce more advantages in relation to others. It is also inferred that there are regulations to improve the environmental conditions of cities but they are still minimal compared to the great damage that we have already caused to our country, these ordinances should be extensive and necessary throughout the national territory.

Keywords: green roofs, sustainable construction, architecture, pollution.

Capítulo I: El Problema

En este primer capítulo se presenta una visión global del tema a abordar, la justificación de su importancia de estudio, así como también se formulan las preguntas de investigación con sus respectivos objetivos a desarrollar.

1.1. Planteamiento del Problema.

Según el informe desarrollado por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, alrededor del 55% de la población mundial vive en ciudades, asimismo, se espera que, para el año 2050, el 68% de las personas residan en centros urbanos, generando un mayor crecimiento poblacional en ciudades de países de ingresos medios y bajos (ONU, 2018). Debido a este aumento en la urbanización, se están buscando condiciones que mejoren la calidad de vida de las personas que habiten allí.

Por otro lado, el tema ambiental ha cobrado especial atención en los últimos años. El creciente interés por los impactos del clima y las catástrofes ambientales pueden considerarse como uno de los principales motores de cambio de pensamiento hacia el ambiente, por ello, las áreas de la arquitectura y la construcción deben comprender y participar de forma activa en las dinámicas ambientales, y en las relaciones sociedad-naturaleza, puesto que tienen la responsabilidad de crear diseños sostenibles, acordes a las necesidades locales, culturales y ambientales (Bolaños-Silva & Moscoso- Hurtado, 2011). Este interés se está manifestando en la creación de espacios sostenibles, sobre todo en los

países desarrollados, sin embargo también se ha iniciado este movimiento sostenible en Latinoamérica, pero aún es muy lento su progreso.

Los edificios sostenibles, también conocidos como verdes, son aquellos que operan con eficiencia en sus consumos energéticos y de agua, y aprovecha las energías renovables, practica el reciclaje, fomenta el bienestar y la salud de sus ocupantes y reduce las emisiones de CO2. La construcción de un edificio verde puede ser alrededor de 5% más costosa que la construcción de un edificio tradicional, pero se puede recuperar la inversión con el ahorro en la reutilización del agua (hasta un 40% versus uno no sustentable), el uso eficiente de energía eléctrica para iluminación o climatización (30%) (Camino et al., 2019).

La falta de espacios verdes en las grandes ciudades acarrea complicaciones relacionadas con la pérdida de la biodiversidad, el aumento de las temperaturas, la mayor demanda energética, la impermeabilidad, el efecto invernadero y la convivencia con los gases de efecto invernadero (Zielinski, et.al, 2012). Todos estos problemas podrían evitarse si existiera una mayor conciencia ambiental y se establecieran normas para aumentar los espacios verdes en cada vivienda por más mínimos que sean.

Así, López-González, et. al. (2020) mencionan que: “con el fin de mitigar los problemas ambientales existentes por la actividad del hombre, diversos países han diseñado estrategias y tecnologías que permiten contribuir a la diminución de los efectos negativos causados”; de esta manera se buscan promover construcciones más sostenibles y con responsabilidad social en diferentes partes del mundo,

siendo algunos de ellos los que lideran en arquitectura sostenible como lo son Noruega, Irlanda, Canadá, Brasil y Australia (AYMA, 2020).

Como una estrategia para aminorar las acciones dañinas contra el ambiente, desde la arquitectura se encuentran los techos verdes, los cuales, a través de su contribución a que las ciudades estén más saludables, son una verdadera y lógica opción al momento de considerar el diseño de edificios verdes en zonas urbanas. Esto se trata de un sistema de capas que incorpora el uso de vegetación sobre cubiertas de techos, proporcionando beneficios sociales, económicos y para el medio ambiente, especialmente en áreas urbanas. Puede, además, incorporar nuevas tecnologías, tales como de agricultura urbana o producción de alimentos, sistemas de reciclaje de aguas o la instalación de paneles solares (Zuleta, 2011). Este sistema es necesario que se propague en nuestra capital, debido al aumento de edificaciones multifamiliares verticales, en donde no existe espacios verdes y las azoteas son solo utilizadas para acumular objetos en desuso.

La clave del éxito de un techo verde tiene cuatro pilares, la estructura edilicia, el sistema de impermeabilización, el sustrato y la elección de la comunidad vegetal. En este sentido debemos tomar consciencia de que se trata de un trabajo multidisciplinario donde arquitectos, ingenieros agrónomos, paisajistas, técnicos en floricultura deben trabajar en forma conjunta y mancomunada (Soto et al., 2015). Además no sólo es trabajo de los profesionales, sino de educar a la población sobre la importancia de estos recursos para mejorar nuestra calidad de vida.

Sin embargo, a pesar del gran potencial que ofrecen las cubiertas verdes a las ciudades, el riesgo de que estos sistemas no cumplan con su función puede ser alto. Por lo tanto, la cuestión de factibilidad de instalación de un sistema de cubierta verde es un factor crítico, ya que el costo es elevado y la tecnología demuestra alta sensibilidad al clima. Adicionalmente, los factores culturales y legales también dependen de las condiciones locales (Zielinski, et.al, 2012). En otras palabras, la viabilidad de la implementación de techos verde varía de un techo a otro y también de una ciudad a otra.

Debido a que en nuestro país están aumentando las construcciones principalmente verticales, además, del poco espacio disponible alrededor de éstas, es necesario buscar alternativas para tener naturaleza cerca de nosotros. Además debemos encontrar soluciones que logren disminuir la contaminación y el efecto invernadero y todas las consecuencias que acarrea. Una de estas alternativas es la implementación de techos verdes, por lo tanto, mediante esta investigación se buscó recopilar información sobre los estudios de estos sistemas en nuestro país, explicar cómo han ido apareciendo e implementándose en los últimos años, así como su impacto en el medio ambiente.

1.2. Preguntas de investigación.

- ¿Cómo se ha ido implementando las iniciativas de construcción de techos verdes en el Perú?
- ¿De qué manera los techos verdes influyen en la reducción de contaminación en el Perú?

- ¿Qué estrategias se pueden realizar para promover la adopción de techos verdes en los nuevos proyectos de Lima Metropolitana?

1.3. Objetivos de Investigación.

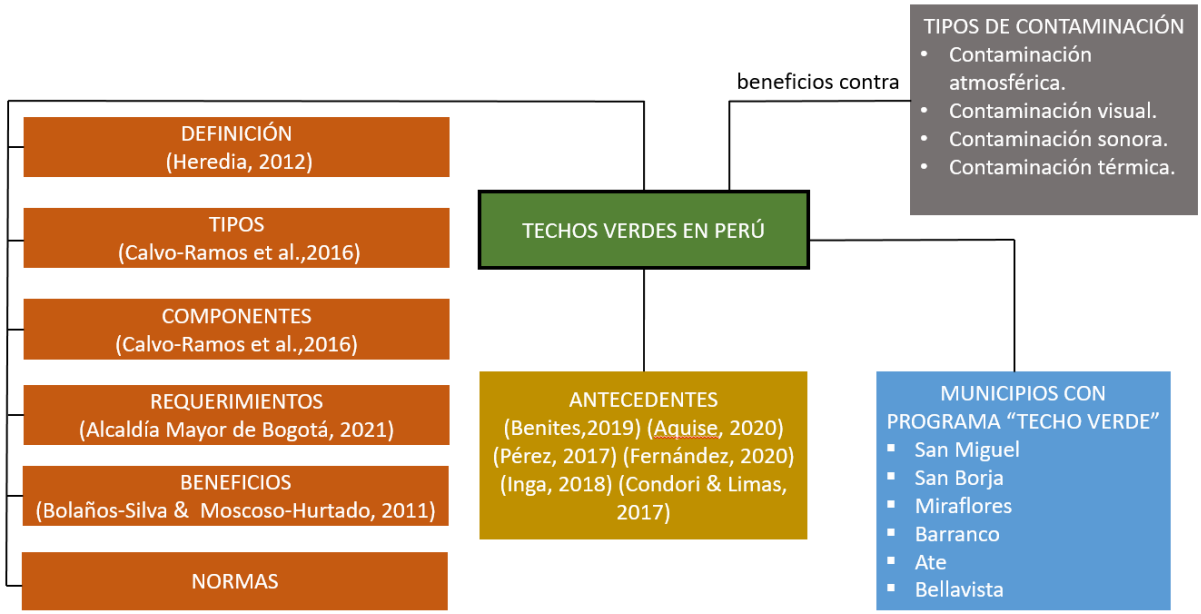
- Describir las iniciativas de implementación de techos verdes en el Perú.
- Analizar la influencia de los techos verdes en la reducción de contaminación en el Perú.
- Proponer estrategias que puedan promover la adopción de techos verdes en los nuevos proyectos en Lima.

Capítulo II: Marco Teórico

Este capítulo contiene los antecedentes de investigación, los cuales son estudios que tienen relación en su diseño y contenido con los propósitos de este trabajo y sirvieron como guía para el desarrollo de la presente, además se muestra el sustento teórico de la variable de estudio, que permitirá un mejor entendimiento de la misma.

2.1. Mapa de Literatura.

En este apartado se ilustra de forma ordenada y sistematizada los autores que contribuyen a entender la variable de estudio.



2.2. Antecedentes de Investigación.

Para el presente trabajo se han considerado publicaciones con propuestas de viabilidad e implementación de techos verdes en diferentes territorios a nivel nacional.

La mayoría de propuestas en nuestro país se dan en construcciones verticales, tal es el caso del estudio de Benites (2019), el cual tuvo como finalidad proponer el diseño de un edificio aplicando terrazas verdes como elemento sostenible en la localidad de Nuevo Chimbote. Este trabajo de investigación es de tipo descriptivo, no experimental y de corte transversal. La muestra estuvo conformada por 96 personas y el análisis de la información fue cuantitativo y cualitativo utilizando técnicas como; encuestas, entrevistas y fichas de observación. Se concluyó que para la realización del proyecto es fundamental la adaptación a las condiciones naturales del contexto, que el 95% de la población está dispuesta a mejorar el medio ambiente y que los beneficios del proyecto no sólo son económicos, sino ambientales y mejora la salud de la población. Con este estudio se demuestra la importancia de incluir áreas verdes en las propuestas arquitectónicas, ya que contribuyen a mejorar los aspectos ecológicos, sociales, culturales y económicos.

Por otro lado Aquise (2020), planteó como objetivo de su investigación, la realización de una propuesta de diseño de una vivienda unifamiliar con techos verdes en terrenos accidentados en Las Casuarinas, distrito de Surco. Para ello realizó un estudio de caso con un análisis cuantitativo y cualitativo de factores con semejanza forma, funcional y conceptual, para ello consideró 3 casos. La muestra para implementar el proyecto fue una vivienda ubicada en su Calle Las Laderas con la calle Los Centinelas 124, manzana F y F', Urbanización El mirador, Surco. En su estudio concluye que, para la realización de techos verdes es fundamental considerar los conocimientos y técnicas en cuanto a las bases fundamentales de la arquitectura como por ejemplo considerar aspectos constructivos en cuanto a la

estructura previa, ya que ello implica una carga adicional, así mismo estará sometido a factores de humedad por las mismas necesidades de la capa vegetal, y conocimientos en la implementación de techos verdes ya que en el mercado existen diferentes tipos y componentes de los techos verdes. Esta investigación contribuye a conocer los requerimientos técnicos previos que se deben de realizar antes de instalar un techo verde.

En el Perú, se están proponiendo proyectos de diseño de techos verdes a nivel comunitario, pero de manera ralentizada, por ejemplo la investigación de Pérez (2017), tuvo como objetivo general desarrollar el diseño arquitectónico de una residencia de adultos mayores con la aplicación de techos verdes en las zonas recreativas en Chimbote. El tipo de investigación fue descriptivo, de diseño no experimental – transversal, las técnicas empleadas fueron varias, como encuestas, entrevistas, análisis y recolección de documentos y observación de campo, la muestra estuvo conformada por 10 adultos mayores de esa región y 03 expertos en el tema de techos verdes. Los resultados fueron que el proyecto era viable por las características estructurales del centro, los techos verdes semi-intensivos son los más óptimos para esta área, ya que permite el paseo al aire libre y el confort visual para los usuarios. El aporte de este trabajo es evidencia el beneficio socio-emocional de los adultos mayores, un grupo etario que va en aumento y que necesita de espacios de relajación, descanso y disfrute visual.

Aún existen pocos estudios realizados en Perú relacionados a evidenciar los beneficios de los techos verdes, sin embargo Fernández (2020) estudió la relación entre la reducción de riesgo en la cuenca del Rímac con la presencia de

infraestructuras verdes. Su investigación tuvo como objetivo: conocer cómo la infraestructura verde puede reducir el riesgo ante desastres naturales relacionados con el agua, como las inundaciones. Fue un estudio de caso práctico, siendo aplicado en las cuencas del río Rímac, desde la parte alta de la cuenca a 5.508 msnm hasta la ciudad. Concluye que las infraestructuras verdes proporcionan diversos beneficios para la reducción del riesgo de inundaciones, sin embargo, deben complementarse con otras medidas no estructurales como la planificación del uso del suelo, normas de construcción segura, mapas de riesgo, entre otras, para que el riesgo sea mínimo. Mediante este estudio se demuestra que la aplicación del sistema de techo verde logra disminuir el riesgo de inundaciones ya que favorece la reabsorción de agua tanto de las lluvias como de las escorrentías.

Otro estudio que evidencia los beneficios de los techos verdes es el realizado por Inga (2018), el cual tuvo como objetivo evaluar 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. La investigación es estadística, de nivel explicativo y diseño experimental, la muestra es la azotea de la I.E. Peruano – Alemán de Huánuco. Se concluyó que un techo verde atenúa la temperatura, pero esa atenuación y sus beneficios dependen del área (tamaño) que se implemente y otros factores como los materiales, el espesor del sustrato y el riego. Además el techo verde puede ser asequible para todos ya que se puede hacer con materiales y recursos limitados según las necesidades y la disponibilidad de las personas. Con esta investigación se evidencia que las superficies naturadas reducen la temperatura a pesar de que no haya sido implementado con todo el

sistema tradicional de un techo verde, sino de una manera más asequible a la población.

En la investigación de Condori & Limas (2017) tuvieron como propósito, conocer los efectos de la aplicación de Aptenia cordifolia, sobre la temperatura y humedad relativa, en una azotea piloto, el diseño de la aplicación fue experimental y de tipo aplicativo, la unidad de análisis fue la azotea del pabellón B del anexo 8 de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Los resultados obtenidos fueron registrados durante cinco meses, las 24 horas del día, llegando a las siguientes conclusiones, la variación de las temperaturas obtenidas en la azotea con cubierta vegetal (4m2), logran reducir hasta un 4.46 °C en promedio, con respecto a las temperaturas obtenidas en la azotea sin cubierta vegetal, en el caso de la humedad relativa, se logra incrementar hasta un 17.41 % en promedio. Este trabajo pudo demostrar los beneficios de la termorregulación que proporcionan los techos verdes, reduciendo la temperatura en las edificaciones en donde se implementa, y se incentiva a experimentar con otro tipo de vegetación para comparar los resultados.

2.3. Desarrollo de la Perspectiva Teórica.

2.3.1. Definición, tipos y componentes de los techos verdes.

Definición: Los techos verdes, también conocidos como eco-techos, tejados con vegetación, techos vivos, implican el uso de impermeabilización de alta calidad, una capa repelente contra raíces, sistemas de drenaje, sustratos de cultivo especializados y en especial plantas seleccionadas especialmente para los tejados de los edificios. Los techos verdes difieren de jardines en el techo ya que su

principal objetivo es la mejora del medio ambiente, aunque la recreación y el uso humano pueden también ser un objetivo de un techo verde (Heredia, 2012).

Tipos: Según Calvo-Ramos et al. (2016), los techos verdes se clasifican en:

Extensivos (con un espesor de suelo menor de 10 – 15 cm). Tienen una capa relativamente delgada de tierra y están diseñados para ser prácticamente autosuficientes, ya que requieren de un mantenimiento mínimo. En general utilizan plantas de raíces poco profundas, por ejemplo las plantas rastreras y cubresuelos. Es relativamente más económico.

Intensivos (con espesores de suelo mayores a 15 – 20 cm). Necesitan una profundidad razonable de suelo y requieren mano de obra calificada, riego y mantenimiento constante. Tiene una mayor carga saturada. Es relativamente más costoso, pero tienen mayores beneficios como el aislamiento térmico y retención de agua y posibilidad amplia de variedad de plantaciones.

Semi-intensivo, es una combinación de los dos anteriores. Debido a sus bajas cargas adicionales, los techos verdes extensivos son adecuados para la modernización de construcciones; sin embargo, representan menos del 25% del total de área de techos verdes. La elección de las características del techo verde, depende en gran medida del tipo de clima que se tenga y se quiera aprovechar.

Componentes de los techos verdes:

Soporte o base: sirve para el apoyo de todos los componentes, se construye a partir de materiales tradicionales como el concreto.

Emulsión: recubrimiento impermeabilizante previo al manto anti-raíz que ayuda a evitar que el agua y las raíces penetren la base del techo.

Membrana anti-raíz: Manto impermeabilizante que inhibe el crecimiento radical de las especies vegetales. Existen dos tipos: físicas y químicas. Las físicas consisten en una capa fina (generalmente de 0.05 cm) de un polietileno de baja densidad. Las barreras químicas utilizan toxinas a base de cobre para inhibir la penetración de las raíces.

Capa intermedia: la pueden formar una parte drenante y/o filtrante. La capa drenante tiene como función recibir las precipitaciones y conducirlas hacia los desagües de la cubierta. También puede servir como almacén de agua. Esta capa asegura un buen drenaje para mantener la capacidad estructural del techo. Dependiendo del sistema y tipo de drenaje, el espesor puede variar de 1.0 cm a 1.5 cm. La capa filtrante evita el paso de las partículas finas del sustrato hacia la capa drenante. Además mantiene la integridad de la vegetación y del sustrato.

Capa de sustrato de suelo: tiene como función servir de soporte físico a la capa de vegetación, suministrándole los nutrientes, el agua y el oxígeno necesarios. Proporciona espacio para plantar raíces, para resistir la fuerza del viento y otras condiciones meteorológicas difíciles. A su vez, está relacionada con la vegetación. Pequeña vegetación como musgos, requiere menos profundidad.

Capa de vegetación: es la capa estética de los techos verdes y es tal vez el símbolo que identifica a un techo como un producto amigable con el medio ambiente; la selección de especies vegetales depende del estilo natural elegido. (Calvo-Ramos et. al 2016).

Figura 1

Componentes de los techos verdes



Nota. Infografía de Carlos Ramírez. Extraído de Calvo–Ramos et al. (2016). Techos verdes: un estilo ecoamigable. *DIGITALCIENCIA@UAQRO. p. 1-10.* https://studylib.es/doc/7250023/techos-verdes--un-estilo-ecoamigable

2.3.2. Requerimientos mínimos de operatividad del sistema y mantenimiento.

Requerimientos: Según la guía práctica elaborada por la Alcaldía Mayor de Bogotá (2021), los requerimientos para el buen funcionamiento de una cobertura verde son:

Estanqueidad: impedir la penetración de agua a la estructura de soporte del techo verde y garantizar que no existan filtraciones o deterioro causado por la humedad.
Drenaje: Permitir el flujo de agua lluvia o de riego a través del sistema y conducirla de forma efectiva hacia los elementos de evacuación de la cubierta tales como bajantes, sumideros y canaletas. Mantener las condiciones aeróbicas del sustrato requeridas por la vegetación.
Retención de agua: Captar y almacenar la cantidad de agua necesaria en el sistema para garantizar la supervivencia e integridad de la cobertura vegetal.
Consistencia: Garantizar la estabilidad formal y dimensional del sistema de techo verde y sus componentes.
Nutrición: Proporcionar el equilibrio fisicoquímico y los nutrientes requeridos para mantener la cobertura vegetal viva y sana.
Filtración: Permitir el paso del agua a través del sistema restringiendo el paso de partículas finas.

En lo referente a la infraestructura previa, se recomienda que esta soporte 150 kg de jardín por 1 m2 de techo en la ciudad y es muy importante impermeabilizar la superficie. (Soto, 2015)

Mantenimiento de un techo verde: Depende del tipo de tarea a realizar y si necesita a una persona especializada en dicha obra. Según la siguiente figura elaborada por la Secretaría de Ambiente de la Alcaldía Mayor de Bogotá (2021), se debe considerar lo siguiente:

Figura 2

Mantenimiento de un techo verde

Grupos de elementos	Tareas de mantenimiento	Frecuencia sugerida
Elementos constructivos: Muros y límites perimetrales del techo, pavimentos, elementos arquitectónicos, impermeabilización.	- Inspección técnica visual. - Revisión de fijaciones. - Detección de posibles puntos conflictivos y conservación en buen estado de todos los elementos de obra. - Impermeabilización y arreglo, si procede.	Dos o tres veces al año.
Instalaciones: Desagües, red de riego, iluminación, porteros automáticos, instalaciones diversas (antenas, aparatos de climatización y ventilación).	- Inspección técnica visual. - Control y limpieza de alcantarillas y desagües, canales, sistemas de ventilación, claraboyas. - Inspección, regulación y limpieza de las instalaciones de riego. - Control y revisión de instalaciones de luz y otras instalaciones.	Cada tres meses.
Mobiliario y elementos auxiliares: Mobiliario propiamente dicho, pérgolas ligeras, celosías, toldos, juegos infantiles.	- Conservación de barnizadas y pintura. - Revisión de fijaciones o anclajes. - Inspección técnica visual. - Limpieza.	Una o dos veces al año.
Vegetación: Crasas, herbáceas, vivaces, arbustivas, arbóreas y palmáceas.	- Siegas o recortes. - Podas. - Eliminación de malas hierbas. - Reposiciones o resiembras. - Fertilización. - Control de afecciones.	Según la vegetación, debe estudiarse en cada proyecto.
Cubierta.	- Tareas de limpieza general: vaciado de papeleras, limpieza de pavimentos.	Semanal.
Se debe prever qué tareas llevarán a cabo profesionales especializados, cuáles pueden externalizarse y de cuáles pueden ocuparse los propietarios.		

Nota. Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría de Ambiente. (2021). Infraestructura vegetada. Techos verdes y jardines verticales.

2.3.3. Beneficios de los techos verdes.

Regulación de la temperatura: Las plantas extraen calor del ambiente, por medio de procesos fisiológicos de la vegetación como son la evapotranspiración, la fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua (Calvo-Ramos et. al 2016). La formación de rocío matinal en fachadas y cubiertas verdes trae consigo una recuperación de calor. Por lo tanto, las plantas solas pueden, a través de la evaporación y la condensación del agua, reducir las oscilaciones de temperatura.

Reducción del efecto Isla de calor: Reducción del calentamiento de superficies duras al ser reemplazadas por coberturas vegetales, reducción del consumo de energía por sistemas de aire acondicionado. (Bolaños-Silva & Moscoso-Hurtado, 2011).

Mitigación de la contaminación atmosférica: La vegetación actúa como filtro verde, fija gases contaminantes y material particulado, ya que quedan adheridas a la superficie de las hojas y son arrastradas después por la lluvia hacia el suelo.

Regulación de la humedad: Particularmente cuando el aire está seco los techos verdes evaporan una considerable cantidad de agua y elevan así la humedad relativa del aire. Por otra parte, las plantas de estos techos pueden disminuir la humedad del aire con la formación de rocío. Así se condensa la niebla sobre las hojas y tallos de un techo verde y luego pasa a la tierra en forma de gotas de agua.

Mejora condiciones de drenaje: Los techos verdes reducen tanto el volumen como la intensidad a la que se entrega el agua de lluvia a la red de aguas pluviales. Esto alivia la degradación ambiental de arroyos, al tiempo que disminuye la probabilidad de inundaciones repentinas, que dañan la infraestructura y los hogares. También es probable que el agua que se origina en un techo verde esté menos contaminada, lo que proporciona más beneficios para el medio ambiente y la salud humana. Los techos verdes gestionan activamente el volumen y la duración del agua pluvial que llega a los desagües, al tiempo que filtran muchos componentes indeseables (World Green Infrastructure Network, 2021).

Reducción de ruido: La combinación de sustrato, plantas y capas de aire dentro del sistema de techo verde actúa como una barrera de sonido y proporciona una reducción significativa del ruido en el interior del edificio. En las cubiertas verdes, una parte de la onda es absorbida por las plantas y el substrato, y otra parte es reflejada y desviada (Renterghem y Botteldooren, 2009).

Captura de carbono: Produce oxígeno y captura dióxido de carbono. Según uno de los varios estudios realizado por Getter en el periodo de un año, se analizaron 12 sistemas de biomasa de techos verdes que comprendían especies de Sedum, con una capa de sustrato de 2.75 a 12.7 cm de grosor y tuvieron un tiempo 15 de crecimiento de 1 a 6 años, el resultado de la concentración de la captación de carbono de los 12 sistemas varió de 73 a 276 g C/m3 , lo cual se puede deber al tiempo que se dio para el crecimiento de las plantas (Getter, Rowe, & Robertson, 2009).

Reducción del consumo de energía en la construcción: debido al efecto de sombreado del techo verde, la temperatura interior de la edificación disminuye y se mantiene más estable que con un techo tradicional, esto disminuye el uso de sistemas de aire acondicionado expresándose el ahorro de energía como un porcentaje anual o estacional. (Ávila, 2019, p. 36)

Aumenta vida útil de las construcciones: Protege las cubiertas y fachadas del agrietamiento y la degradación por elementos del ambiente como los rayos UV.

Generación de espacios verdes: Nuevas áreas para el disfrute y el esparcimiento, posibilidad de implementar estrategias de agricultura urbana.

Figura 3

Beneficios de los techos verdes

SECTOR	BENEFICIOS
AMBIENTAL	Regulación térmica del ambiente Reducción del efecto de isla de calor urbano Mejora de la calidad del aire Secuestro de CO_2 Reducción de escorrentías Aprovechamiento del agua pluvial Aislamiento acústico Conservación de la biodiversidad
ECONÓMICO	Incentivos fiscales Incremento en el valor de los inmuebles Aumento en la vida útil de los tejados
SOCIAL	Reducción en el consumo de energía Mejora de la salud física y mental Disminución en los porcentajes de mortandad Fomento de las relaciones sociales Acceso a la educación verde Obtención de productos agrícolas para el autoconsumo Mejora estética de las urbes

Nota. De López-González et al.(2020).Techos verdes: una estrategia sustentable. https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4389

2.3.4. Normativa para la implementación de techos verdes.

En nuestro país, existe el Perú Green Building Council (Peru GBC) desde el año 2010, que es una asociación sin fines de lucro que tiene como objeto promover la reducción de las emisiones de carbono en las edificaciones, a través de edificaciones sostenibles, así como políticas y gestiones públicas o privadas que acerquen la industria de la construcción hacia una manera más sustentable y con responsabilidad social. Asimismo, existen ocho sistemas de certificación que son LEED, EDGE, WELL, SITES, ISO 5001, ISO 14001, Bono Mi Vivienda Sostenible (nacional), y BREEAM, los cuales certifican a una edificación como sostenible. El Perú GBC busca dar a conocer todas las herramientas existentes para que los diversos proyectos se puedan desarrollar de manera más sostenible, utilizando la certificación que mejor se adapte a las necesidades y políticas empresariales (Mayer, s.f.)

Por otra parte, varias municipalidades han emitido ordenanzas que promueven la construcción de edificaciones sostenibles a través de la recuperación de espacios públicos y áreas verdes, a cambio de incentivos tales como: La reducción de los arbitrios del mantenimiento de parques y jardines y bonos para edificaciones adicionales, (Basilio et al., 2019) estas ordenanzas se presentan a continuación:

La municipalidad de Miraflores publicó la Ordenanza N° 510 que promueve la construcción de edificaciones sostenibles. Esta ordenanza establece, regula y promueve condiciones para edificaciones sostenibles en el distrito de Miraflores. Tiene por objetivo promover la construcción de edificaciones

sostenibles a través de incentivos de área techada. La presente ordenanza es aplicable a edificaciones que cumplan con los requisitos establecidos en la ordenanza (El peruano, 2019).

La municipalidad de San Borja publicó la ordenanza N° 593-MSB Ordenanza de promoción de edificaciones sostenibles en zonas residenciales. El programa está dirigido a incentivar construcciones sostenibles, optimizar recursos con el objetivo de reducir los impactos ambientales y la mejora de la calidad del aire, el incremento de más áreas verdes. Los beneficios para la población son: El bono 1 consta de edificaciones en zonas residenciales pueden acceder a 1 piso adicional, y el bono 2 las edificaciones frente a parques o avenidas pueden acceder a 2 pisos adicionales; siempre que cumplan con los requisitos (El peruano, 2017).

La municipalidad de San Miguel aprobó la Ordenanza Nº 232-MDSM que crea el programa Techo Verde con el objetivo sensibilizar, involucrar e incentivar a los vecinos para que puedan iniciar las instalaciones de cubiertas de vegetación en la superficie de sus terrazas y techos. El área mínima que se debe sembrar en el primer año es 40% del techo, el cual tendrán un crecimiento a razón del 10% cada año hasta cubrir el 80% de la superficie techada. El incentivo de esta ordenanza es el descuento del 20% en los arbitrios de mantenimiento de los parques y jardines públicos (El peruano, 2012).

La municipalidad de Ate creó el programa Techo Verde mediante la ordenanza N° 342-MDA, tiene como objetivo involucrar e incentivar a los vecinos del distrito a la instalación de manera progresiva las cubiertas vegetales en las

superficies de sus terrazas y azoteas en viviendas, empresas, centros educativos, entre otros. Como propósito de esta ordenanza es el embellecimiento de los espacios verdes, mejorar la calidad de vida e incrementar ambientes saludables en la municipalidad. El programa incentivo cubrir hasta un 80% de la superficie de espacio disponible en cada hogar, además de un premio al mejor techo verde del distrito (El Peruano, 2014).

La municipalidad de Barranco crea el programa Techo y Muro Verde mediante la ordenanza Nº 427-MDB, tiene por objetivo principal la mejora de la calidad del aire y como objetivo derivado la recuperación y el embellecimiento de un espacio, el techo que armonice con el trazo costero del distrito, cuyo destino balneario se inscribe en la visión de desarrollo del mismo, generando oportunidades y capacidades para sus habitantes dentro de un ambiente limpio y saludable, mediante la creación del programa Techo y Muro Verde en el Distrito de Barranco, destinado a sensibilizar, involucrar e incentivar a los vecinos, propietarios de predios del distrito, para que instalen progresivamente, cubiertas de vegetación en las superficies de techos y terrazas de sus viviendas y edificios, que permitan el cultivo de jardines y plantas (El Peruano, 2015).

La municipalidad de Bellavista aprueba la ordenanza Nº 014-2020-MDB. La cual, tiene por objetivo regular los criterios técnicos del Programa Techo Verde Urbano en Bellavista con la finalidad de promover e incentivar a la población en el cultivo de plantas y jardines sostenibles en el distrito de Bellavista, propiciando una adecuada gestión de los recursos naturales, fomentando la eficiencia energética e hídrica, creando espacios saludables, confortables y que contribuyan

al desarrollo de una ciudad sostenible, equilibrando el desarrollo urbanístico y el cuidado del ambiente; y mejorando la calidad de vida de la población y la calidad de aire en el distrito de Bellavista, para cumplir las exigencias y medidas para mitigar la contaminación por plomo, compuestos orgánicos volátiles y gases de efecto invernadero (El peruano, 2020).

Otras municipalidades como las de San Isidro, La Molina y Lince tienen dentro de sus ordenanzas, anexos que contienen especificaciones técnicas para la implementación de azoteas para techos verdes.

Capítulo III: Metodología

La presente investigación parte de una revisión bibliográfica. El objetivo principal de esta modalidad es realizar una investigación documental, es decir, recopilar información ya existente sobre un tema o problema. Se obtuvo información de fuentes secundarias formales, como por ejemplo, revistas, artículos científicos, libros, informes institucionales, material archivado y otros trabajos académicos. Esta investigación documental buscó responder las preguntas de investigación planteadas anteriormente y proporcionó una visión sobre el estado del tema elegido en la actualidad.

La investigación parte de dos temas a desarrollar: la recopilación de investigaciones sobre la viabilidad e implementación de techos verdes en el Perú y su impacto medioambiental. Así, para el primero se tendrá en cuenta las principales zonas donde se implementan y los agentes ejecutores y las políticas de fomento, sean estatales o municipales, que promuevan la implementación de techos verdes. Para el segundo, la revisión bibliográfica tendrá en cuenta los tipos de contaminación que más se presentan en nuestro país sobre todo en la capital y su relación con los beneficios que proporcionan los techos verdes.

Capítulo IV: Resultados

Después de realizar la búsqueda bibliográfica, a continuación, se describe la problemática encontrada en nuestro país respecto a la contaminación ambiental contrastándola con los beneficios evidenciados que proporcionan los techos verdes si se implementarían a gran escala.

4.1. Análisis y discusión de resultados.

Implementación de iniciativas de construcción de techos verdes en Lima Metropolitana.

Ante la falta de áreas verdes en las viviendas y debido al poco espacio existente alrededor o frente a ellas, algunas municipalidades han emprendido programas para incentivar la construcción de techos verdes entre los vecinos. Uno de los primeros programas de este tipo se inició en el 2012 con San Borja + Verde. La iniciativa, que continúa hasta hoy, plantea asesoría técnica y materiales para que los propios vecinos implementen sus jardines o biohuertos en lo alto de sus viviendas.

Las municipalidades que han continuado con esta iniciativa y han elaborado sus propias ordenanzas municipales son las siguientes: Barranco, Miraflores, San Miguel, Ate, Bellavista, y otras que han tenido modificaciones que especifican la implementación de áreas verdes como son los municipios de La Molina, San Isidro y Lince. Existen grandes oportunidades y beneficios cuando la voluntad política municipal se encamina y apuesta hacia el desarrollo sostenible.

El techo verde más grande del Perú está ubicado en el edificio Real Seis del Centro Empresarial Real de San Isidro, tiene un jardín en el techo con una extensión de 1.200

m2, lo que le permite reducir hasta en un 30% el calor dentro de este inmueble (Soto, 2015).

Figura 4

Edificio Real Seis del Centro Empresarial Real de San Isidro



Nota. De oficinas Centenario. https://oficinascentenario.pe/productos/centro-empresarial-real/

Así mismo, también se está incentivando a las empresas constructoras a que sus nuevos proyectos obtengan certificaciones como edificaciones sostenibles. Estas iniciativas de promoción de las construcciones sostenible buscan beneficios como:

- Dar valor paisajístico y estético al distrito.
- Revalorizar las propiedades circundantes.
- Mejorar el valor de reventa.
- Reducir el estrés y mejorar la salud.

En el 2010 cuando muy pocos o casi nadie sabía sobre edificios sostenibles, el Centro Empresarial Platium Plaza, ubicado en San Isidro, fue el primer edificio sostenible en obtener la certificación LEED en el Perú. El edificio utilizó muros cortina dentro de su diseño, un sistema que deja ingresar luz natural y ataja el calor, con ello pudo minimizar el uso del aire acondicionado, además que, se utilizó también luminarias led y grifos temporizados (Camino et al, 2019).

Influencia de los techos verdes en la reducción de contaminación atmosférica en Lima Metropolitana

Contaminación atmosférica.

A continuación se expresa la contaminación del aire según IQAir, la cual es una empresa suiza de tecnología de la calidad del aire, que se especializa en la protección contra contaminantes transportados por el aire y desarrolla productos de control y limpieza de la calidad del aire. Las unidades habituales para expresar la concentración de los contaminantes en el aire ambiente son microgramos/metro cúbico y miligramos/metro cúbico. El PM 2.5 es el material particulado respirable presente en la atmósfera de nuestras ciudades en forma sólida o líquida (polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras), el número es debido a su tamaño que puede ser igual o inferior a 2.5 micrómetros.

Figura 5

Los países más contaminados del mundo en el 2020 (PM 2.5) según IQR

Rango	País / Región	2020 AVG
1	Bangladesh	77,10
2	Pakistán	59,00
3	India	51,90
4	Mongolia	46,60
5	Afganistán	46,50
6	Omán	44,40
7	Katar	44.30
8	Kirguistán	43,50
9	Indonesia	40,70
10	Bosnia Herzegovina	40,60

Nota. IQAir. (2021). Países más contaminados del mundo 2020 (PM 2.5). https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries

Referencia: Unidad: µg / m³ Bien: 10,1 – 12 µg / m³ Moderado: 12,1 – 35,4 µg / m³

Insalubre para grupos sensibles: 35,5 – 55,4 µg / m³ Insalubre: 55,5 – 150,4 µg / m³

Según este ranking, el Perú se encuentra en el puesto 50.

La concentración de PM 2.5 en el aire de Lima está actualmente 3.2 veces por encima del valor de referencia anual de calidad del aire de la OMS. (Objetivo de la OMS: 0 - 10 µg / m³).

Figura 6

Las ciudades más contaminadas en el Perú en el 2020 (PM 2.5)

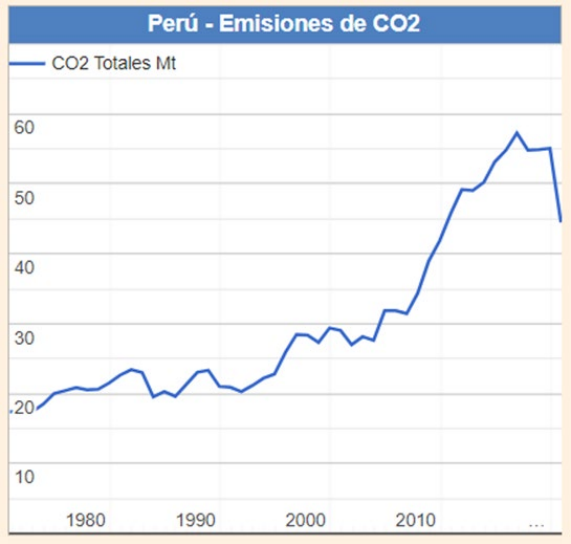
Rango	Ciudad	2020 AVG
1	San Juan de Luriga…	22,4
2	Carabayllo, Perú	18,6
3	Lima, Perú	18
4	Trujillo, Perú	16,4
5	Inapari, Perú	14,5
6	Chupaca, Perú	14,4

Nota. IQAir. (2021). Ciudades más contaminados del mundo 2020 (PM 2.5). https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries

Las emisiones de CO2 en Perú en 2020 han caído 10,603 megatoneladas, un 19,25% respecto a 2019, esto se debe a la confinación por la pandemia del Covid-19. Las emisiones de CO2 en 2020 han sido de 44,479 megatoneladas, con lo que Perú es el país número 128 del ranking de países por emisiones de CO2, formado por 184 países, en el que se ordenan los países de menos a más contaminantes. (Expansion, 2020).

Figura 7

Evolución gráfica de las emisiones de CO2 en el Perú



Nota. Expansión (2020). Datos macro. https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/peru

Figura 8

Evolución numérica de las emisiones de CO2 en el Perú

Perú - Emisiones de CO2			
Fecha	CO2 Totales Mt	CO2 Kg/1000$	CO2 t per capita
2020	44,479	0,12	1,34
2019	55,082	0,13	1,67
2018	54,888	0,13	1,69
2017	54,823	0,14	1,70
2016	57,266	0,15	1,80
2015	54,793	0,15	1,75
2014	53,163	0,15	1,72
2013	50,223	0,14	1,64
2012	49,066	0,15	1,63
2011	49,167	0,16	1,65
2010	45,784	0,16	1,56

Nota. Expansión (2020). Datos macro. https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/peru

En diversas investigaciones se ha demostrado que las plantas captan CO2 del ambiente y liberan oxígeno. La investigación de Li et al. (2010) concluyó que en Hong Kong, en un día soleado, un techo verde extensivo puede reducir la concentración de CO2 en su entorno hasta en un 2%.

Contaminación visual.

Es "el impacto en la imagen y fisonomía del entorno urbano causado por la acumulación de materia prima, productos, desechos, abandono de edificaciones y bienes materiales, así como violación en las densidades y características físicas de publicidad". (Instituto de Protección Civil y Ambiente de la Alcaldía de Chacao en Caracas, 2010).

Figura 9

Uso de azoteas en LIMA



Nota. De Hildegard Willer, (2015) extraído de http://utero.pe/2015/01/02/por-las-azoteas-una-refrescante-cronica-de-los-techos-de-lima-escrita-por-una-periodista-extranjera/

En la mayoría de hogares en el Perú se acostumbra que la azotea sirva de depósito, colocación de tendederos, crianza de mascotas, acúmulo de objetos en desuso o descompuestos, y en algunos de ellos para la colocación de avisos publicitarios, etc. Todo esto genera a manera global un desorden y contaminación visual, no es agradable para ningún vecino subir a su azotea y ver el acúmulo de desperdicios de las casas a su alrededor. Caso contrario sería si cada azotea estuviera implementada con techos verdes, incluso si estos no fueran con los sistemas comerciales actuales, sino con los asequibles a la familia. La vegetación y áreas verdes crean espacios atrayentes y relajantes visualmente, además que es beneficiosa para la salud, como lo sustenta Nilsson et al. (2005): "Los enfoques de la medicina clásica con relación a la enfermedad y la salud han sido uno de los éxitos de la ciencia moderna.

Sin embargo la sociedad actual afronta una incidencia mayor del empobrecimiento de la salud, relacionada con los estilos de vida modernos, los cuales no pueden ser dirigidos solo desde la perspectiva médica. Algunos de los factores que se han identificado como causantes de esta situación son el sedentarismo, el estrés asociado al ritmo de vida de las ciudades y factores ambientales como la contaminación. Los espacios y los elementos naturales tales como los árboles y los bosques ofrecen una oportunidad para mejorar estas tendencias".

Contaminación sonora

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define como ruido cualquier sonido superior a 65 decibelios (dB). En concreto, dicho ruido se vuelve dañino si supera los 75 dB y doloroso a partir de los 120 db.

Actualmente, este es uno de los problemas más importantes que pueden afectar a la población, ya que la exposición de las personas a niveles de ruido alto puede producir estrés, presión alta, vértigo, insomnio, dificultades del habla y pérdida de audición. Además, afecta particularmente a los niños y sus capacidades de aprendizaje.

En el 2003 se aprobó el Decreto Supremo Nº 085-2003-PCM - Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, norma mediante la cual se establecieron los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido (ECA Ruido) y los lineamientos para no excederlos. Los ECA Ruido son instrumentos de gestión ambiental prioritarios para prevenir y planificar el control de la contaminación sonora; ellos establecen los niveles máximos de ruido en el ambiente que se deben respetar para proteger la salud humana. (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2016).

Las plantas y el sustrato de los techos verdes actúan como una barrera de sonido mediante la absorción (transformación de la energía sonora en energía de movimiento y calórica), reflexión y deflexión (dispersión), proporcionando una reducción significativa del ruido en el interior del edificio. (Calvo-Ramos et. al., 2016) y (Bolaños-Silva & Moscoso-Hurtado, 2011).

Renterghem & Botteldooren (2011) investigaron cinco casos de cubiertas verdes, tomando datos antes y después de la instalación de los sistemas, y llegaron a la conclusión de que el aislamiento acústico proporcionado por las cubiertas excede 10 dB, descubrieron que el sustrato bloquea las frecuencias bajas, mientras que las

plantas lo hacen con las frecuencias altas. Adicionalmente, el grueso del sustrato es el factor más importante que absorbe las ondas, ya que los mejores resultados fueron registrados en techos con capa de 180 mm.

Figura 10

Ranking de los diez (10) puntos con mayor nivel de presión sonora en la Provincia de Lima

Nº	DISTRITO	PUNTO DE MEDICIÓN		DESCRIPCIÓN	ZONA DE APLICACIÓN	LAEQ,T (DBA)
		COD. RENIEC	COD. OEFA			
1	El Agustino	140135; RUI-01	1369; RUI-01	Av. José Carlos Mariátegui con Jr. 1º de Mayo	Comercial	84,9
2	Santiago de Surco	140130; RUI-05	1358; RUI-05	Av. Javier Prado con Av. Manuel Holguín[21]	Protección Especial	84,5
3	Ate	140103; RUI-04	1372; RUI-04	Carretera Central con calle La Estrella	Comercial	84,3
4	San Martín de Porres	140126; RUI-01	1375; RUI-01	Panamericana Norte frente a la Municipalidad distrital de San Martin de Porres	Comercial	83,0
5	Lurigancho - Chosica	140112; RUI-06	1340; RUI-06	Av. Las Torres con vía de acceso a Carapongo	Comercial	82,7
6	El Agustino	140135; RUI-07	1369; RUI-07	Av. Riva Agüero cuadra 13 (Altura de la municipalidad distrital de El Agustino)	Comercial	82,3
7	Carabayllo	140105; RUI-03	1379; RUI-03	Av. Merino Reyna con Av. Túpac Amaru	Comercial	82,2
8	San Juan de Miraflores	140136; RUI-04	1351; RUI-04	Av. Los Héroes con Av. San Juan	Comercial	81,9
9	Santiago de Surco	140130; RUI-06	1358; RUI-06	Av. Santiago de Surco con Av. Próceres	Comercial	81,8
10	Breña	140104; RUI-02	1366; RUI-02	Av. Arica con Plaza Francisco Bolognesi	ZTE	81,6

Nota. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), (2016). http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19088

Contaminación térmica

Según Sánchez (2021), define a la contaminación térmica "… como un proceso que modifica la temperatura del medio ambiente de manera perjudicial. Esta

modificación puede tratarse tanto de una subida como de una bajada de la temperatura, lo que puede afectar negativamente a la calidad del aire, del agua y también a los seres vivos".

El último reporte de The Lancet Countdown concluyó que las muertes atribuibles al calor aumentaron en un 152 % y que el Perú fue el segundo país de Sudamérica con mayor tasa de mortalidad debido a la contaminación atmosférica. Aunque el Perú solo emite el 0,15 % de los gases de efecto invernadero a nivel global, es uno de los países que cada vez se ve más afectado por las consecuencias de la crisis climática. Estos cambios ocasionados por la crisis climática afectarán de manera diferenciada a cada región del país. El reporte determinó, por ejemplo, que, para Lima, los principales riesgos identificados son las inundaciones costeras, sequías, olas de calor y los deslizamientos de tierra (Pinedo, 2021).

El mundo ya se encuentra a una temperatura por encima de +1.1°C y esto trajo como consecuencias, incendios forestales, derretimiento de los polos e inundaciones, y lo que se esperaba para el 2050 era el aumento a +1.5°C, sin embargo las nuevas investigaciones predicen que este incremento se va a adelantar para el 2030, es por eso que urge que se tomen medidas para disminuir el calentamiento global.

Según el estudio "Evaluación estratégica de medidas para reducir la isla de calor urbana en la provincia de Lima IDOM 2021", desarrollado por la Municipalidad de Lima, junto a IDOM, C40 y la Universidad Politécnica de Madrid, los distritos que experimentan islas de calor en más de la mitad de su superficie geográfica total por escasez de áreas verdes son Villa María del Triunfo (86%), Pachacamac (70%), Santa

Rosa (61%) y Villa El Salvador (51%) (Sistema metropolitano de información ambiental, 2021).

Figura 11

Concepto de islas de calor urbanas



Nota. Sistema metropolitano de información ambiental. (2021). https://smia.munlima.gob.pe/novedades/islas-de-calor-en-lima-y-acciones-para-enfrentar-las-altas-temperaturas-de-la-ciudad

Ante esto, es una buena propuesta es la adopción de sistemas verdes en cada vivienda. Son numerosos los estudios que demuestran los beneficios de los techos verdes en la reducción de temperaturas en las edificaciones y en el control de humedad del ambiente, también se ha demostrado que el espesor de los medios de crecimiento, sustratos, afecta notablemente la característica de aislamiento. El estudio realizado por Permpituck & Namprakai (2012) investiga la característica de aislamiento térmico de dos techos verdes diferentes (con espesores de sustratos de 10 y 20 cm) en comparación con un techo convencional. Con respecto a los resultados, la reducción en la transferencia de calor y el consumo de energía es notable. Se encuentra que la

transferencia de calor disminuye en un 59 y un 96%, mientras que el consumo de energía en un 31 y 37%, respectivamente, para techos verdes de 10 y 20 cm de espesor en comparación con el caso de techos desnudos.

Estrategias que promueven la adopción de techos verdes en Lima Metropolitana

Está demostrado que los techos verdes son sistemas de gran utilidad para contrarrestar el avance de la contaminación ambiental, es por esta razón que, es deber de todos los ciudadanos tomar conciencia ecológica y contribuir con la adopción de esta alternativa a las áreas verdes tradicionales.

Sin embargo, a pesar que, esta tecnología aporta tales beneficios, y es utilizada extensamente en ciertos países desarrollados como Suiza, Alemania, Francia y España y en algunos subdesarrollados como Colombia, Argentina y México, en nuestro país, solo se implementa en algunas construcciones que pertenecen al sector privado, principalmente por el costo elevado de instalación y mantenimiento. Es por ello que, los gobiernos locales y centrales deben dar facilidades para que estos sistemas puedan ser implementados con todos los requerimientos técnicos a una mayor cantidad de viviendas, o en su defecto capacitar sobre la elaboración de estos en forma artesanal.

Se debe proponer más ventajas económicas a los ciudadanos que implementen los techos verdes en sus hogares, así como también dar beneficios culturales a través de eventos y capacitaciones. A los ciudadanos que no logren acceder a estos sistemas por el costo, deberían brindar asesorías y facilidades para instalar un sistema semejante pero elaborado artesanalmente.

Por otro lado se deben dar facilidades a las empresas que se dedican a instalar estos sistemas, ya que al aumentar la oferta de sus servicios, disminuirán sus costos.

Por último debería ser obligatorio que todos los municipios implementen en sus normativas la necesidad de poseer áreas verdes en cada una de las viviendas, ya que de esta manera urgente podríamos disminuir los efectos dañinos de la contaminación ambiental.

4.2. Recomendaciones

Continuar con investigaciones experimentales implementando y/o realizando simulaciones de techos verdes, comparando sus resultados en relación a diferentes sistemas existentes, variando parámetros como tipos de vivienda, variedad de especies vegetales, variedad de estaciones climáticas y dependiendo a qué contexto territorial se aplique, ya que, nuestra topografía es variada, así como nuestro clima también. Todo esto, con el fin de evidenciar en forma práctica los beneficios directos que nos traen estos sistemas.

Los municipios deberían educar a la población sobre las ventajas individuales y comunitarias de poseer áreas verdes en sus respectivas viviendas, así como continuar brindando y aumentando beneficios a los ciudadanos que implementen estos sistemas, como por ejemplo: reducción de impuestos, descuentos en servicios ofrecidos por la municipalidad, facilitación de trámites municipales, cesión de permisos de construcción, etc. y para las nuevas construcciones que sea obligatorio, implementar techos verdes. Así como también deben generar alianzas entre municipios y hacer extensivo sus programas, compartiendo experiencias positivas a aquellos gobiernos que recién van a implementar estas normativas.

Finalmente, el gobierno central debe mejorar los esquemas de divulgación que fortalezcan el concepto de contar con políticas claras y urgentes para mitigar la contaminación de la naturaleza, además de fortalecer culturalmente y generar conciencia en las actuales y nuevas generaciones en el uso de tecnologías amables con el medio ambiente. Enfatizar que los beneficios de los techos verdes abarcan una zona global, más allá del lugar donde son instalados, ayudan a construir entornos más saludables, confortables y sostenibles.

Referencias

Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría de Ambiente. (2021). Infraestructura vegetada. Techos verdes y jardines verticales. Guía práctica. Bogotá. Colombia. https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/411743/Gu%C3%ADa+Tecnica+Infraestructura+Vegetada+2021.pdf/077e3693-e9ff-4f8f-b506-9effa7b57494

Aquise, R. (2020). Implementación de Techos Verdes en Viviendas Situados en Terreno Accidentado en las Casuarinas". Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75138

Ávila, A. (2019). Simulación de una vivienda con techo verde y su efecto en el confort térmico. Tecnológico Nacional de México. Tesis de Maestría. https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/2436/3/MM%20Araceli%20Avila%20Hernandez%202019.pdf

AYMA. (2020). Los países con la arquitectura más sostenible. https://aymamining.com/los-paises-la-arquitectura-mas-sostenible/

Basilio, A., Gregorio, A., Hinostroza, J. y Salva, J. (2019). Estudio de pre-factibilidad para el establecimiento de un servicio de instalación de techos verdes y jardines verticales. Universidad San Ignacio de Loyola. https://repositorio.usil.edu.pe/items/f9559903-bb4f-4363-b5c3-36efd075f2df

Benites, M. (2019). Diseño arquitectónico de un Edificio aplicando Terrazas verdes como elemento Sostenible en Nuevo Chimbote. Universidad de San Pedro. http://repositorio.usanpedro.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/15295/Tesis_64105.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bolaños-Silva, T & Moscoso-Hurtado, A. (2011). Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos, una herramienta metodológica. Nodo, 10 (5), p. 5 – 20. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3736189

Calvo–Ramos, D., Gómez–De la Cruz, A. y Rodríguez–Hernández, P. (2016). Techos verdes: un estilo ecoamigable. *DIGITALCIENCIA@UAQRO. p. 1-10.* https://studylib.es/doc/7250023/techos-verdes--un-estilo-ecoamigable

Camino, C., Ibarra, M., Jiménez, E., Sánchez, D. y Neyra, M. (2019). Análisis de la aplicación de certificaciones verdes en viviendas multifamiliares en la ciudad de Lima. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/651696/Camino_PC.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Condori, P. & Limas, D. (2017). Naturación de azoteas aplicando aptenia cordifolia y su efecto sobre la temperatura y humedad relativa en un sistema piloto. Cátedra Villarreal. Vol 5, N° 2. http://dx.doi.org/10.24039/cv201752214

El Peruano. (s.f.). Diario oficial de la República del Perú. Normas legales. https://busquedas.elperuano.pe/

Expansión. (2020). Datos macro. https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/peru

Fernández, L. (2020). Infraestructura verde. Reducción de riesgo en la cuenca del Rímac. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/62809/1/TFG_Jun20_Fernandez_Valle_Lucia.PDF

Getter, K., Rowe, D., & Robertson, G. (2009). Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental Science & Technology* 43, p. 7564–7570. https://doi.org/10.1021/es901539x

Heredia, C. (2012). Infraestructura Verde: un espacio para la innovación de la cubierta vegetal. (Tesis de Maestría). Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 126 pp.

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. http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/965/T_047_72361661T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto de Protección Civil y Ambiente de la Alcaldía de Chacao, Caracas, Venezuela (2010). Ordenanza Nro. 010-10 sobre Rayados Pintas y Grafitis.

IQAir. (2021). Países más contaminados del mundo 2020 (PM 2.5). https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries

Li, J., Wai, O. W., Li, Y.S., Zhan, J.,Ho, A., Li, J., y Lam, E. (2010). Effect of green roo fon ambient CO2 concentration. Building and Environment, 45 (12), 2644 – 2651.

López-González, B; Camacho, A; Martínez-Rodríguez, M; Marcelino-Aranda, M. (2020).Techos verdes: una estrategia sustentable. Tecnología en Marcha. Vol. 33-3. p. 68-79. https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4389

Mayer, F. (s.f). Perú GBC: ¿Cuándo y cómo empezó el movimiento de construcción sostenible en el país? *Ciudad* + https://ciudadmas.com/urbanismo/peru-gbg-edificaciones-sostenibles-peru/

Nilsson, K., Sanger, M., y Gallis, C. (2005). COST E39: "Forest Trees and Human Health and Well-being": Proceedings 1st European COST E39 Conference. p. 1-3.

Organización de las Naciones Unidas. (2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), (2016). La contaminación sonora en Lima y Callao. http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19088

Permpituck S. y Namprakai P. (2012). The energy consumption performance of roof lawn gardens in Thailand. *Renewable Energy* 40. p. 98-103

Pérez, K. (2017). Diseño arquitectónico de una residencia para adultos mayores con aplicación de techos verdes en su zona recreativa – Chimbote. Universidad San Pedro. http://repositorio.usanpedro.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8394/Tesis_58044.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pinedo, X. (2021). El estrecho vínculo entre la crisis climática y la salud de los peruanos. https://ojo-publico.com/3129/el-estrecho-vinculo-entre-crisis-climatica-y-la-salud-publica

Renterghem, T., & Botteldooren, D., (2009). Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment,* 44 (5), p. 1081- 1087.

Sánchez, J. (2021) Qué es la contaminación térmica y cuáles son sus causas. Ecología verde. https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-contaminacion-termica-y-cuales-son-sus-causas-1477.html

Sistema metropolitano de información ambiental (2021). Islas de calor en Lima y acciones para enfrentar las altas temperaturas de la ciudad. https://smia.munlima.gob.pe/novedades/islas-de-calor-en-lima-y-acciones-para-enfrentar-las-altas-temperaturas-de-la-ciudad

Soto, B. (2015). Techos con vida en Lima. El comercio. http://www.lavacamu.pe/wp-content/uploads/elcomercio_2015-11-05_11-1.pdf

Soto, M., Bárbaro, L. y Sisaro, D. (2015) Techos Verdes; sistemas extensivos que requieren equipos profesionales multidisciplinarios. Agropost OnLine. 139. https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/1225

World Green Infrastructure Network. (2021). Definición clave: Techo verde. https://worldgreeninfrastructurenetwork.org/key-definition-green-roof/

Zielinski, S., García C., Vega, J. (2012) Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? Gestión y Ambiente, vol. 15, núm. 1, p. 91-104 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia

Zuleta, G. (2011). En Detalle: Techos Verdes. Archdaily. https://www.archdaily.pe/pe/02-72263/en-detalle-techos-verdes