

# Máster Certificación en Diseño Sostenible y Arquitectura Bioclimática

Título del Proyecto Fin de Máster

---

Estudio de la aplicación de techos verdes como una solución sostenible para reducir la contaminación ambiental a través de su implementación en los edificios de Lima, Perú. El caso de un edificio en San Isidro

Autor

---

Marisol Vidal Pimentel

Noviembre, 2020

---

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un gran agradecimiento a mis padres María Luisa y Guillermo, a mis abuelos Luisa, Guillermina, Alfredo y Víctor, por el gran apoyo, cariño y motivación que siempre me han brindado. Gracias Luciano Leveratto por el apoyo incondicional durante toda mi carrera y por compartir conmigo tantos momentos especiales. Gracias a Dios por ser mi principal apoyo y por darme siempre las fuerzas necesarias.

Quedo muy agradecida con todos los profesores que estuvieron presentes durante la maestría, por transmitirnos sus conocimientos, experiencias, así como por motivarnos en este camino de aprendizaje. Un especial agradecimiento para Manuela Ianni, tutora y coordinadora de la tesis de maestría, por su gran dirección, enseñanzas, consejos y apoyo permanente. Expreso mi agradecimiento también a Lila Herrera, Isabelle Espejo y Saúl Herrera, quienes siempre estuvieron atentos y muy dispuestos a apoyarme. Me fue muy grato conocerlos a todos y aprender de profesionales con tanta pasión y tan dedicados como ustedes.

## RESÚMEN

Hoy en día el sector de la construcción, cumple un rol fundamental en el desarrollo y crecimiento del Perú, no sólo por la importante contribución que tiene en el Producto Bruto Interno del país (PBI), sino también por ser un sector que utiliza gran cantidad de mano de obra y cuyo efecto multiplicador es valioso, al generar cuatro puestos de trabajo por cada uno logrado en el sector de la construcción. En contraste con la importancia señalada, el sector de la construcción se considera también como una de las principales fuentes de contaminación ambiental a nivel mundial, ya que son las edificaciones las responsables de un 30-40% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>. A raíz de lo mencionado, en los últimos años se han desarrollado diversas iniciativas y sistemas, con la finalidad de atenuar y contrarrestar parte de los efectos que venían alterando y perjudicando al planeta. Así también se ha podido apreciar una lucha progresiva contra el cambio climático, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas, poniendo especial énfasis en la conservación y cuidado del medio ambiente.

La emergencia sanitaria vivida en los últimos meses a raíz del COVID-19 y el confinamiento requerido de la población para evitar una mayor expansión del virus, ha reducido gran parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> y nos ha permitido apreciar y generar conciencia acerca de la importancia y beneficios que traen consigo disminuir la contaminación ambiental. La pandemia le ha dado un respiro importante a la naturaleza y la notoria mejora de la calidad del aire en numerosas capitales del mundo, ha sido uno de los tantos beneficios que se han podido comprobar.

El interés de esta investigación nace a partir de una necesidad de la ciudad Lima Metropolitana. Conocida como “la ciudad gris”, por su cielo nublado, Lima es una de las ciudades más contaminadas de América Latina, ya que no sólo tiene un gran déficit de áreas verdes, un tercio de las áreas verdes que recomienda la OMS (Organización Mundial de la Salud), sino que también muchos de sus techos son utilizados actualmente como depósitos, almacenes y lugares donde se acumulan objetos en desuso, lo que indica que aún muchas personas no se preocupan por este aspecto y no las consideran como la quinta fachada de sus inmuebles.

Cabe señalar que, en algunas Municipalidades del Perú ya están empezando a brindar incentivos para la realización de techos verdes, los cuales están respaldados por la Normativa Peruana, y están principalmente direccionando a desarrolladores, constructoras y propietarios que buscan construir edificaciones bajo principios sostenibles. Para aquellos proyectos que consideran el uso de techos verdes en un área mayor del 50% de sus azoteas, por ejemplo, estarían siendo beneficiados en términos de m<sup>2</sup> edificables, implicando además una atención preferencial durante los trámites y licencias, el aumento de niveles construidos y la reducción de tributos para los futuros ocupantes.

En este trabajo se analiza un edificio multifamiliar que ha sido proyectado y construido para limitar el impacto negativo hacia el medio ambiente, y que puede considerarse como un caso de éxito de la implementación del techo verde en Lima. Este edificio se encuentra ubicado en San Isidro, uno de los distritos más concurridos y comerciales de Lima; en las terrazas de los niveles superiores de los dúplex y en su azotea se han realizado techos verdes como parte de los ambientes sociales. Este estudio está finalizado a extrapolar información técnica útil para la aplicación del techo verde en otros edificios de la ciudad, y verificar el potencial del uso de esta técnica constructiva para la obtención de la certificación LEED.

Por los motivos mencionados, se considera que un estudio acerca del uso de techos verdes, y su aplicación tanto en los nuevos edificios como en los existentes, es una línea a seguir tan interesante como necesaria, dado el poco avance que se tiene acerca de este tema en el Perú. Además, como solución sostenible, el techo verde muestra gran potencial para mejorar el impacto ambiental del sector de la construcción.

*Palabras clave:* sector de la construcción, contaminación ambiental, áreas verdes, quinta fachada, techos verdes en Lima, Normativa Peruana, certificación LEED

## ABSTRACT

In current times, the construction sector plays a key role in the development and growth of Peru. Not only does it provide a significant contribution to the country's Gross Domestic Product (GDP), but it also employs a large quantity of labor with the rippling effect of generating four job positions for each one established within the construction sector. In contrast with the aforementioned importance, the construction sector is also considered one of the main sources of environmental pollution worldwide, given that buildings are responsible for 30-40% of total CO<sub>2</sub> emissions. As a result, several initiatives and systems have been developed in recent years, in order to mitigate and counter part of the processes that had been altering and damaging the planet. A steady fight against climate change has also been quite noticeable, which aims to improve people's quality of life by placing a particular emphasis on environmental care and conservation.

The health emergency experienced in recent months due to COVID-19 and the mandatory confinement required to avoid further spreading the virus, has reduced CO<sub>2</sub> emissions by a significant amount. This has allowed us to appreciate and raise awareness about the importance and benefits of reducing environmental pollution. The pandemic has provided nature with an important respite, and the noticeable improvement in air quality within many capitals around the world, has been one of the many verifiable benefits.

The relevance of this research paper arises from a need of Metropolitan Lima. Known as "the grey city" due to its cloudy sky, Lima is one of the most polluted cities in Latin America. Not only does it have a large deficit of green areas, a third of the amount recommended by WHO, it also shows many roofs currently used as deposits, warehouses, and places where unused objects accumulate. Such context indicates that many people still do not concern themselves about these areas, and do not consider them as yet the fifth façade of their properties.

It should be noted that some Municipalities of Peru, are starting to provide incentives backed by Peruvian Regulations, which mainly target developers, builders, and property owners seeking to develop sustainable buildings. For example, projects considering the use of green roofs in an area greater than 50% or their terraces. These would receive benefits in terms of buildable m<sup>2</sup>, specifically preferential treatment during licensing and procedures associated with increasing the amount of built levels, and decreasing the taxes paid by future residents.

This paper analyzes a multifamily building designed and built to limit negative impacts on the environment and that it can be consider as a success case of the implementation of the green roof in Lima. This building is located in San Isidro, one of the most crowded and commercial districts of Lima; green roofs have been made on the terraces of the upper levels of the duplexes and on the roof, as part of the social areas. The purpose of this study aims to extrapolate useful technical information for the implementation of the green roof in other buildings of the city and to verify the potential of the use of this construction technique to obtain the LEED Certification.

Due to the aforementioned reasons, is considered that a study on the use of green roofs and their applications in both new and existing buildings, it's a line to follow as interesting as necessary, due the small progress on this subject area in Peru. All in all, as a sustainable solution, green roofs show great potential in the sector in which I seek to grow.

*Keywords:* the construction sector, environmental pollution, green areas, fifth façade, green roofs in Lima, Peruvian Regulations, LEED Certification

## AUTOR / TUTOR

**Autor:** Arquitecta Marisol Vidal Pimentel

Arquitecta colegiada C.A.P. 22280 de nacionalidad peruana con profundo interés en temas de sostenibilidad, innovación y cuidado del medio ambiente. Experiencia ligada al trabajo en el sector de la construcción especialmente en proyectos de vivienda multifamiliar en Lima, así como en consultorías de sostenibilidad al ser EDGE Expert. Actualmente me encuentro por finalizar los estudios para poder obtener la credencial LEED GE y LEED AP. Mi formación de arquitectura la realicé en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) en Lima, titulándome en el año 2017, al desarrollar como tesis un “Ecolodge en el desierto de Paracas” con énfasis en Arquitectura Bioclimática. Así comenzó mi interés por investigar temas de sostenibilidad, permitiéndome desarrollar un proyecto donde el diseño y los elementos constructivos que propuse, estuvieron en función del particular clima de Paracas, Ica. Tener conocimientos en el idioma inglés, alemán y portugués, fueron de gran ayuda y facilitaron los procesos de investigación. Con la presente Maestría “Certificación de Diseño Sostenible y Arquitectura Bioclimática” he profundizado y ampliado los conocimientos que buscaba, en un tema que considero de gran relevancia a nivel global y con gran potencial en el Perú.

**Tutor:** Arquitecta Manuela Ianni – PhD / BIM Manager

Master’s Thesis Coordinator & Associate Professor – Universitat de Barcelona (UB)

# ÍNDICE

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | OBJETIVOS .....  | 1  |
| 1.1.   | Objetivos Generales .....  | 1  |
| 1.2.   | Objetivos Específicos .....  | 1  |
| 2.     | METODOLOGÍA .....  | 1  |
| 3.     | ESTADO DEL ARTE.....   | 2  |
| 3.1.   | SITUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN EL PERÚ.....                                 | 2  |
| 3.1.1. | La sostenibilidad de los edificios .....   | 2  |
| 3.1.2. | Certificaciones Internacionales de Sostenibilidad en el Perú .....                         | 5  |
| 3.1.3. | Marco Normativo Peruano en favor de proyectos sostenibles .....                            | 7  |
| 3.2.   | TECHOS VERDES: ESTRATEGIA BIOCLIMÁTICA PARA MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES..... | 7  |
| 3.2.1. | Marco Histórico .....  | 9  |
| 3.2.2. | Tipos de Techos Verdes .....   | 10 |
| 3.2.3. | Componentes de los Techos Verdes .....   | 13 |
| 3.2.4. | Consideraciones técnicas y de diseño .....   | 15 |
| 3.2.5. | Beneficios de los Techos Verdes.....   | 19 |
| 3.3.   | APLICACIÓN DE LOS TECHOS VERDES EN LIMA .....  | 25 |
| 3.3.1. | Características de Lima .....  | 26 |
| 3.3.2. | La Quinta Fachada: la azotea.....  | 40 |
| 3.3.3. | Incentivos Verdes por parte de las Municipalidades de Lima.....                            | 44 |
| 4.     | DESARROLLO DEL PROYECTO .....  | 52 |
| 4.1.   | CONTEXTO Y UBICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....  | 52 |
| 4.2.   | DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO .....  | 56 |
| 4.2.1. | Descripción del edificio.....  | 58 |
| 4.2.2. | Descripción de la azotea y del sistema de techo verde utilizado.....                       | 59 |
| 4.3.   | ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO .....   | 69 |
| 4.3.1. | Análisis de los beneficios conseguidos con los techos verdes .....                         | 69 |
| 4.3.2. | Oportunidades aprovechadas, limitaciones y áreas de mejora .....                           | 73 |
| 4.4.   | CONTRIBUCIÓN DEL TECHO VERDE PARA OBTENER LA CERTIFICACIÓN LEED DEL CASO DE ESTUDIO.....   | 75 |
| 5.     | CONCLUSIONES.....  | 80 |
| 6.     | BIBLIOGRAFÍA .....   | 82 |
| 7.     | ANEXOS.....  | 85 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Fig. 1. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Fuente: ONU 2015 .....  | 2  |
| Fig. 2. Objetivo 11 de los ODS. Fuente: Informe de los ODS, ONU 2020 .....   | 4  |
| Fig. 3. Edificio Corp.Platinum Plaza. Fuente: Diario Gestión .....   | 5  |
| Fig. 4. Hotel Tambo del Inka. Fuente: Portal Web Marriot .....   | 5  |
| Fig. 5. Proyectos LEED al año 2020. Fuente: Data Perú GBC 2020 / Gráfica propia .....  | 5  |
| Fig. 6. Proyectos EGGE al año 2020. Fuente: Web edgebuildings.com / Graf. Propia .....   | 6  |
| Fig. 7. Centro Comercial Puruchuco. Fuente: Diario Gestión .....   | 6  |
| Fig. 8. Techos verdes con mayor demanda en Lima. Fuente: Arve .....  | 6  |
| Fig. 9. Cubierta vegetal en techos. Fuente: UNAL .....   | 8  |
| Fig. 10. Ejemplos históricos de techos verdes. Fuente: NatGeo, hurstwic.org .....  | 9  |
| Fig. 11. Ecovillage en Kassel. Fuente: Web gernotminke.de .....  | 10 |
| Fig. 12. Vegetación - Tipo Extensivo. Fuente: Mediflora / Vivero Los Inkas .....   | 11 |
| Fig. 13. Vegetación - Tipo Extensivo no accesible. Fuente: Mediflora .....   | 11 |
| Fig. 14. Vegetación - Semi-Intensivo. Fuente: Mediflora / Vivero Los Inkas .....   | 12 |
| Fig. 15. Cajoneras para huertos urbanos. Fuente: Hort Americas, México .....   | 12 |
| Fig. 16. Vegetación para tipo Intensivo. Fuente: Vivero Los Inkas / Mediflora .....  | 13 |
| Fig. 17. Componentes. Fuente: The European Portal for Energy Efficiency in Buildings   | 13 |
| Fig. 18. Sistema convencional tipo rollo. Fuente: Portal Web inkoopgilde.nl .....  | 13 |
| Fig. 19. Sistema modular para techos verdes. Fuente: Portal Web ecotelhado.com.co  | 13 |
| Fig. 20. Evacuación del agua. Fuente: Instalador de Techos verdes, Fund. Carlos Slim   | 15 |
| Fig. 21. Chaflanes en encuentros. Fuente: Inst. de Techos verdes, Fund. Carlos Slim ..   | 15 |
| Fig. 22. Techos verdes inclinados. Fuente: Instalador de Techos verdes y Proarq .....  | 15 |
| Fig. 23. La impermeabilización. Fuente: Inst. de Techos verdes, Fund. Carlos Slim .....  | 16 |
| Fig. 24. Prueba de Estanqueidad. Fuente: Portal Web Generación Verde .....   | 16 |
| Fig. 25. Alcachofas o cajas filtrantes. Fuente: Portal Web sudsostenible.com .....   | 17 |
| Fig. 26. Zonas de gravilla en los perímetros. Fuente: Guía ZinCo .....   | 17 |
| Fig. 27. Riego por goteo con mangueras sobre el sustrato. Fuente: Guía ZinCo .....   | 17 |
| Fig. 28. Tuberías que pasan desapercibidas. Fuente: Portal Web vegetalid.us .....  | 17 |
| Fig. 29. Riego con aspersores. Fuente: Guía ZinCo .....  | 18 |
| Fig. 30. Sistema automatizado con aspersores. Fuente: Portal Web vegetalid.us .....  | 18 |
| Fig. 31. Riego por capilaridad, tuberías ocultas en el sustrato. Fuente: Guía ZinCo .....  | 18 |
| Fig. 32. Distanciamiento de tuberías de riego. Fuente: Guía ZinCo .....  | 18 |
| Fig. 33. Ciclo del carbono en árboles. Fuente: ISENER .....  | 20 |
| Fig. 34. Espacios integradores. Fuente: Portal Web agritecture.com .....   | 21 |
| Fig. 35. Efecto Isla de Calor. Fuente: BBC .....   | 23 |
| Fig. 36. Albedo o porcentaje reflejado. Fuente: Portal meteorologíaenred.com .....   | 23 |
| Fig. 37. Comportamiento de techos tradicionales (izquierda) vs. techos verdes<br>(derecha) frente a las lluvias. Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua ..... | 24 |
| Fig. 38. Cubierta vegetal. Fuente: Portal Web Archtends .....  | 25 |
| Fig. 39. Fotografía Aérea de la Ciudad de Lima Metropolitana. Fuente: ASCOA .....  | 26 |
| Fig. 40. Departamento de Lima, Perú. Fuente: Portal web viajaraperu.com .....  | 26 |
| Fig. 41. Distritos de Lima Metropolitana. Fuente: INEI, SINEACE .....  | 27 |
| Fig. 42. Mapa distrital de la pobreza en Lima. Fuente: INEI, Diario "El Comercio" .....  | 27 |
| Fig. 43. Concentración poblacional de Lima. Fuente: INEI 2017 .....  | 27 |

|  |    |
|--|----|
| Fig. 44. Conformación de Lima Metropolitana. Fuente: Cifras recogidas del Compendio Nacional Estadístico 2019 – Elaboración Propia de la gráfica.....                        | 28 |
| Fig. 45. Viviendas informales en las periferias, Lima. Fuente: RRP Noticias .....  | 29 |
| Fig. 46. Viviendas formales de Lima Moderna. Fuente: Portales Inmobiliarios.....   | 29 |
| Fig. 47. Humedad de Lima - Invierno. Fuente: Diario Perú 21 .....  | 30 |
| Fig. 48. Clasificación climática según Köppen. Fuente: Worlds Maps of Köppen .....   | 30 |
| Fig. 49. Lima y su presencia en el litoral peruano. Fuente: Diario Perú 21 .....   | 31 |
| Fig. 50. Paisajes y microclimas en Lima. Fuente: Recopilación de archivo propio.....   | 31 |
| Fig. 51. Radiación UV en Lima. Fuente: SENAHMI / Portal web weather-atlas.com .....  | 32 |
| Fig. 52. Temperatura de Lima. Fuente: Portal Web weather-atlas.com.....  | 32 |
| Fig. 53. Oscilación térmica en Lima. Fuente: Portal Web meteored.pe.....   | 32 |
| Fig. 54. Pérdidas del confort en Lima. Fuente: Diario Gestión.....   | 33 |
| Fig. 55. Humedad de Lima. Fuente: Portal Web de weatheronline.co.uk .....  | 33 |
| Fig. 56. Contraste de Lima, la gris. Fuente: Diario Gestión, Portal TripAdvisor .....  | 33 |
| Fig. 57. Precipitación media en Lima. Fuente: Portal Web portal weather-atlas.com ..   | 34 |
| Fig. 58. Dirección y velocidad del viento. Fuente: SENAHMI / weather-atlas.com .....   | 34 |
| Fig. 59. Las emisiones derivadas de la Amazonía en llamas. Fuente: Deutsche Welle ..   | 35 |
| Fig. 60. Calidad del Aire y características del Material Particulado. Fuente: SENAHMI. 35  |    |
| Fig. 61. Contaminación de industrias y del parque automotor. Fuente: PLANAA-PERÚ 2011-2021, Min. del Ambiente, Diario El Comercio.....                                       | 36 |
| Fig. 62. Ciudades más contaminadas. Fuente: Rep. Mundial de Calidad de Aire .....  | 37 |
| Fig. 63. Ciudades Latinoamericanas más contaminadas. Fuente: Rep. Mundial de Calidad de Aire.....  | 37 |
| Fig. 64. Fenómenos meteorológicos. Fuente: UNICEF .....  | 37 |
| Fig. 65. Cambio climático. Fuente: UNICEF, MMA Colombia .....  | 37 |
| Fig. 66. Presencia de COV's en los interiores. Fuente: Portal Web MontMedi .....   | 38 |
| Fig. 67. Sector de la construcción. Fuente: CAPECO .....   | 39 |
| Fig. 68. Estrategias de reciclado. Fuente: Manejo de residuos de construcción, UICN .  | 39 |
| Fig. 69. Los techos de Lima Moderna. Fuente: Diario El Comercio .....  | 40 |
| Fig. 70. Desorden en los techos de Lima. Fuente: Empresa Gania, Diario El Comercio .   | 41 |
| Fig. 71. Otros techos de Lima Moderna. Fuente: Mun. La Molina, Tripadvisor.....  | 41 |
| Fig. 72. Campaña Municipal Techo Limpio. Fuente: MML .....   | 42 |
| Fig. 73. Centro empresarial y financiero. Fuente: El Comercio .....  | 42 |
| Fig. 74. Techos verdes como alternativa de cambio. Fuente: Rev. Perú Construye .....   | 43 |
| Fig. 75. Tipos de incentivos en el Perú. Fuente: IFC .....   | 45 |
| Fig. 76. Zona de Emisiones Neutras (ZEN). Fuente: Ordenanza N° 523.2020-MSI .....  | 47 |
| Fig. 77. Contraste durante el día y la noche. Fuente: Mun. San Isidro .....  | 48 |
| Fig. 78. Estructura Urbana de San Isidro. Fuente: Resolución de Alcaldía N°352.....  | 48 |
| Fig. 79. Especificaciones de azoteas. Fuente: Ordenanza N°523.2020-MSI .....   | 49 |
| Fig. 80. Edificio Real Seis, San Isidro - Lima. Fuente: Diario Gestión.....  | 50 |
| Fig. 81. Techo verde en edificio Leuro, Miraflores. Fuente: Techos Verdes ZinCo .....  | 51 |
| Fig. 82. San Isidro, Centro Financiero de Lima. Fuente: Techos Verdes ZinCo .....  | 51 |
| Fig. 83. Sectores del distrito de San Isidro. Fuente: Reglamento Integrado Normativo (RIN) de San Isidro - Normas Legales (Fecha de Publicación: 12 de Julio del 2020) ..... | 52 |
| Fig. 84. Población flotante por sectores. Fuente: Comp. Estadístico 2017.....  | 53 |
| Fig. 85. Distribución de Áreas Verdes Públicas. Fuente: Municipalidad de San Isidro ..   | 54 |
| Fig. 86. Plano Gral. de Áreas Verdes Públicas y Privadas. Fuente: Mun. San Isidro .....  | 54 |

|  |    |
|--|----|
| Fig. 87. Datos Abiertos - Oferta Municipal. Fuente: Portal de Transparencia MSI .....  | 56 |
| Fig. 88. Zona ZEN y caso de estudio. Fuente: Portal CiudadMás / Elab. propia .....   | 56 |
| Fig. 89. Servicios cerca del caso de estudio. Fuente: Brochure Black, EDIFICA.....   | 57 |
| Fig. 90. Vista 3D - Edificio Multifamiliar Black. Fuente: Brochure Black, EDIFICA.....   | 58 |
| Fig. 91. Áreas comunes del proyecto "Black". Fuente: Brochure Black, EDIFICA .....   | 58 |
| Fig. 92. Porcentajes de cumplimiento. Fuente: Archivo proyecto Black, PDK .....  | 58 |
| Fig. 93. Condiciones de carácter ambiental. Fuente: Archivo proyecto Black, PDK .....  | 58 |
| Fig. 94. Vistas del edificio Multifamiliar Black. Fuente: Brochure Black, EDIFICA.....   | 59 |
| Fig. 95. Planta de la azotea y techos verdes. Fuente: Arch. Proyecto Black, PDK.....   | 60 |
| Fig. 96. Área techada destinada a espacios comunes. Fuente: Ord.N°523.2020-MSI ...   | 60 |
| Fig. 97. Corte – Techo verde extensivo. Fuente: Arch. Proyecto Black, PDK .....  | 61 |
| Fig. 98. Componentes básicos del sistema. Fuente: Elaboración propia .....   | 61 |
| Fig. 99. Detalle - Componentes del sistema. Fuente: Arch. Proyecto Black, PDK.....   | 61 |
| Fig. 100. Componentes – Techo verde Black. Fuente: Archivo Proyecto Black, PDK.....  | 61 |
| Fig. 101. Riego manual en dúplex. Fuente: Fotografías Archivo propio .....   | 62 |
| Fig. 102. Tipos de irrigación. Fuente: Compilación de Rain Bird Corporation .....  | 63 |
| Fig. 103. Sistema de riego con mangueras, aspersores y arqueta alzada en áreas<br>comunes. Fuente: Fotografías arch. Propio/ Jumbo Eco .....   | 63 |
| Fig. 104. Distribución y alcance de aspersores. Fuente: Arch. Proyecto Black, PDK.....   | 64 |
| Fig. 105. Techo verde extensivo de Black. Fuente: Fotografía arch. propio .....  | 65 |
| Fig. 106. Techo verde semi-intensivo de Black. Fuente: Fotografía arch. propio .....   | 65 |
| Fig. 107. Vegetación utilizada en el caso de estudio. Fuente: Vivero Los Inkas .....   | 65 |
| Fig. 108. Características mínimas de techos verdes. Fuente: Ord. N° 437.2016-MSI ....  | 67 |
| Fig. 109. Equivalencias del CO <sub>2</sub> capturado por el caso de estudio. Fuente: EPA .....  | 68 |
| Fig. 110. Sensor de calidad de aire. Fuente: Univ. del Pacifico .....  | 71 |
| Fig. 111. Valores promedios de CO <sub>2</sub> diarios (Muestra 06/04/17). Fuente: Documento de<br>discusión "Uso de sensores electroquímicos de bajo costo para el monitoreo de la<br>calidad de aire en el distrito de San Isidro, Lima – Perú" Universidad del Pacifico ..... | 71 |
| Fig. 112. Azotea del caso de estudio. Fuente: Archivo Black, PDK.....  | 72 |
| Fig. 113. Reflectancia Solar. Fuente: Resumen elaboración propia .....   | 72 |
| Fig. 114. Diferencia de calor transmitido. Fuente: Green Roofs EPA .....   | 72 |
| Fig. 115. Especies vegetales en macetas en Black. Fuente: Fotografías archivo propio   | 75 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Techo verde Extensivo. Fuente: Elaboración propia de resumen .....                      | 11 |
| Tabla 2. Techo verde Extensivo no accesible. Fuente: Elaboración propia de resumen               | 11 |
| Tabla 3. Techo verde Semi-Intensivo. Fuente: Elaboración propia de resumen .....                 | 12 |
| Tabla 4. Techo verde Intensivo. Fuente: Elaboración propia resumen.....                          | 13 |
| Tabla 5. Recuperación de Inversión. Fuente: El Comercio / Ante todo... lo verde .....            | 19 |
| Tabla 6. Absorción de CO <sub>2</sub> por especie vegetal. Fuente: UNEP - Elaboración propia.... | 20 |
| Tabla 7. Límite permitido de contaminación sonora. Fuente: OEFA .....                            | 22 |
| Tabla 8. Zonas de Lima y estructura socioeconómica. Fuente: Dep. de Estadística .....            | 28 |
| Tabla 9. Tipos de contaminantes en Lima. Fuente: Lima ¿Cómo vamos? 2017 .....                    | 35 |
| Tabla 10. Contaminantes del Aire. Fuente: Guía de la Calidad Ambiental de la OMS... 36           |    |
| Tabla 11. Cifras de Lima. Fuente: Elaboración propia resúmenes .....                             | 42 |
| Tabla 12. Ciudades Verdes de América Latina. Fuente: Economist Intelligence Unit....             | 42 |
| Tabla 13. Ordenanzas. Fuente: Diario El Peruano / Cuadro Elaboración propia .....                | 44 |
| Tabla 14. Incentivos Municipales. Fuente: Diario El Peruano / Elaboración propia .....           | 44 |
| Tabla 15. Logros de los incentivos en San Borja. Fuente: Data IFC / Perú GBC 2020. ...           | 45 |
| Tabla 16. Condiciones de Sostenibilidad. Fuente: Ordenanzas Municipales, Perú GBC.               | 46 |
| Tabla 17. Proyectos en la Zona ZEN. Fuente: Ordenanzas N°412.2015 / N°437.2016 ..                | 47 |
| Tabla 18. Incentivos de la Zona ZEN. Fuente: Ordenanza N°523.2020-MSI .....                      | 49 |
| Tabla 19. Techos verdes. Fuente: Ord. N°437.2016-MSI / N°523.2020-MSI .....                      | 49 |
| Tabla 20. Emisiones que afectan la Calidad del Aire. Fuente: Mun. San Isidro .....               | 53 |
| Tabla 21. Obras realizadas. Fuente: Portal de Transparencia de la MSI .....                      | 55 |
| Tabla 22. Vegetación utilizada y CO <sub>2</sub> capturado. Fuente: Compilación propia.....      | 66 |
| Tabla 23. Departamentos en San Isidro. Fuente: Datos públicos urbania.pe.....                    | 70 |

# 1. OBJETIVOS

---

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Estudio de la implementación de techos verdes en edificaciones nuevas y existentes, como una solución sostenible que busca reducir la contaminación ambiental de ciudades como Lima Metropolitana, que registran un gran déficit de áreas verdes.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar el avance de las Certificaciones Internacionales para edificios sostenibles, así como la presencia de Green Building Council en el Perú a fin de promover y difundir su gradual implementación en el sector de la construcción.
- Mostrar el origen y funcionalidad de los techos verdes, a fin de exponer implicancias, consideraciones técnicas y/o modificaciones a realizarse en las edificaciones.
- Explicar los beneficios ambientales, sociales y económicos de contar con un techo verde, así como los nuevos incentivos que fomentan su utilización.
- Al ser los techos verdes una estrategia que se basa en los principios de una Arquitectura Bioclimática, es que se considera fundamental conocer desde un comienzo, el clima de Lima y sus características. Así también se dan a conocer distintos aspectos de la realidad de Lima, con la finalidad de conocer el contexto en el cual se desenvuelve el presente estudio.
- Analizar un edificio que aplica el techo verde en Lima, como referente para otros edificios.
- Verificar el potencial del caso de estudio para la obtención de la certificación LEED.

# 2. METODOLOGÍA

---

El trabajo se organiza en dos apartados, el estado del arte y desarrollo del proyecto. La primera parte se centra en una revisión bibliográfica acerca del marco normativo y la situación de la edificación sostenible en Perú, así como de los principios de Arquitectura Bioclimática para la ciudad de Lima, con especial énfasis en las técnicas constructivas de los techos verdes.

La segunda parte, el desarrollo del proyecto, se centra en el análisis de un caso de estudio, un edificio multifamiliar construido recientemente en uno de los más concurridos distritos de la ciudad de Lima, que aplica el sistema de techo verde en su azotea. A través del caso de estudio se busca mostrar el valor agregado de la aplicación del techo verde como lugar de espacios sociales logrados en las azoteas del proyecto. Se analiza en detalle el sistema utilizado para la realización del techo verde, así como se evidencian sus limitaciones y beneficios, entre ellos la mejora en la calidad de vida, visuales del entorno, una menor contaminación ambiental y su potencial para la obtención de la Certificación LEED.

### 3. ESTADO DEL ARTE

---

#### 3.1. SITUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN EL PERÚ

La difusión e implementación de las edificaciones verdes en el Perú, así como los Estándares y Certificaciones Internacionales de Sostenibilidad, se iniciaron en Lima, megaciudad que alberga más de 9 millones de habitantes y que presenta el mayor desarrollo del país. A raíz de esto, se busca descentralizar y expandir su implementación hacia otros departamentos, como es el caso de Cusco y Arequipa, donde ya se visualizan actualmente proyectos certificados. Cabe señalar que no necesariamente un proyecto debe estar certificado para ser considerado sostenible. Sin embargo, estas son muy recomendables, si se desea que un proyecto pueda compararse contra una línea base y se pueda medir frente a estándares internacionales de manera más objetiva.

##### 3.1.1. La sostenibilidad de los edificios

En el Acuerdo de París, celebrado en el año 2015, muchos países se comprometieron a reducir sus emisiones a través de distintas acciones. Dentro de ellos, el Perú se comprometió a reducir el 30% de sus emisiones para el año 2030, siendo el sector de la construcción donde se pondrá especial atención, debido a que representa un impacto del 40% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> anuales aproximadamente (UNEP, 2018).

La ONU (Organización de las Naciones Unidas), en favor del desarrollo sostenible, estableció 17 objetivos con la finalidad de transformar y hacer más viable nuestro mundo (Fig. 1). Más del 50% de estos objetivos, están relacionados con la responsabilidad del sector de la construcción, por lo que son esenciales, como meta compartida a nivel mundial (ONU, 2015).



Fig. 1. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Fuente: ONU 2015

Es importante mencionar que, para alcanzar la sostenibilidad en términos generales, es necesario tener primero presente el “Concepto de la Triple Línea Base” o “Las 3P”. Según la ONU, se hace referencia a que la sostenibilidad debe ser pensada como una buena solución para las personas, para el planeta y para alcanzar la prosperidad económica.

### **3.1.1.1. Importancia de una ciudad con menos contaminación**

Hoy en día una ciudad con menos contaminación, es aquella que participa y promueve activamente el cambio de las formas convencionales de vida para formar parte de las metas globales establecidas para el año 2030. Se trata de una cadena que combina no sólo distintos factores, sino también esfuerzos y sinergias de los ciudadanos, las empresas, las instituciones, así como del Gobierno, de manera tal que el objetivo en común sea mejorar la calidad de vida, la salud de las personas, así como la mejora del medio ambiente.

Según la OMS, se considera a la contaminación ambiental como la quinta causa de muerte prematura a nivel global y se estima que anualmente fallecen 600 mil personas menores de 15 años por esta causa. Es por esta razón que curar al planeta, hoy en día tiene especial importancia, ya que no es tarea de uno, sino de todos. Tal y como lo señala Charles Eisenstein, no sólo se debe generar conciencia y fomentar la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino se debe pensar también en la tierra como un ser humano con órganos y con tejidos, por lo que se debe cuidar y revertir cuanto antes la degeneración que se está causando a través de la tala de árboles, el envenenamiento del suelo con pesticidas, entre otros factores que han contribuido a que poco a poco se destruya la tierra (Eisenstein, 2020). Dejando de contaminar y regenerando la tierra se podrá participar de una mejor manera en la curación del planeta. De no parar y revertir estas acciones, los esfuerzos por reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> serán en vano, al haberse agotado la capacidad de soportar nuevas emisiones por parte de la Tierra. Por todo esto es importante preservar la Amazonia, uno de los más valiosos escenarios naturales por su biodiversidad, considerado el “pulmón verde” del mundo o el principal aspirador de carbono a nivel global.

En las ciudades se podría contribuir a mejorar la calidad del aire con la creación de pulmones verdes a pequeña escala en las azoteas, es decir cubiertas vegetales que permitan aumentar la capacidad de absorber carbono en las ciudades y a su vez logren reducir el efecto “Isla de Calor” (acumulación de calor por la inmensa mole de hormigón, y demás materiales absorbentes de calor presentes en las ciudades). Si bien en el mercado ya se han creado innovadoras opciones como filtros capturadores de carbono, la aplicación masiva de techos verdes ofrece una opción más natural y completa, que además brinda la oportunidad de devolverle a la tierra una porción de terreno natural sustraída al momento de la construcción, y que trae adicionalmente a la aspiración de carbono, beneficios como el aumento de la biodiversidad, una mejora estética en las ciudades, la opción de disminuir el estrés, mejorar la salud e incrementar la productividad en caso de tratarse de colaboradores, entre otros factores mencionados anteriormente.

En este contexto, es importante también hacer mención al Objetivo 11 de los ODS, Ciudades y Comunidades Sostenibles, cuyo propósito específico es “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (ONU, 2020). En este objetivo, además de mejorar la calidad del aire, se busca lograr otras metas adicionales dirigidas hacia nosotros, los arquitectos, ingenieros, profesionales afines y sociedad en general (Fig. 2).



Fig. 2. Objetivo 11 de los ODS. Fuente: Informe de los ODS, ONU 2020

Es así como se hace mención a un trabajo en conjunto, a fin de crear una mejor vida urbana en donde se aumente la cantidad de personas con acceso a viviendas y servicios básicos, tales como agua potable, saneamiento, electricidad y gestión de residuos, disminuyendo así los barrios informales que puedan estar expuestos a desastres naturales o contingencias, que generen pérdidas económicas directas en pertenencias o daños mayores en las estructuras físicas de las edificaciones. Es en este punto, donde los gobiernos tienen especial participación, al fomentar una mayor planificación y desarrollo de la gestión urbana, siempre de manera transparente y proporcionando información accesible a los ciudadanos acerca de las políticas, acciones y manejo de los presupuestos. Un transporte público que no contamine, sea accesible y seguro, forma parte también de las metas a lograr, junto con la mejora en términos de infraestructura a través de la construcción de edificios sostenibles, que además utilicen materiales locales.

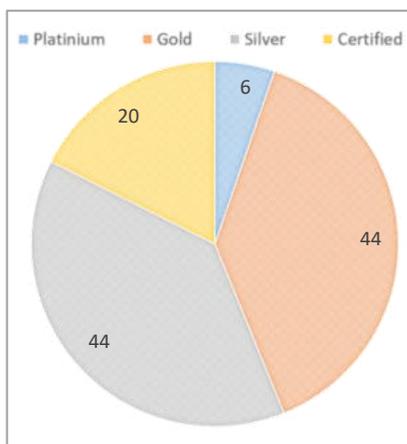
Como meta también se plantea la habilitación de mayores terrenos con servicios básicos a fin de tener una mayor cantidad de tierras disponibles, considerando a la par el aumento de espacios públicos, que se muestren seguros, inclusivos, de fácil acceso y que consideren zonas verdes. En este objetivo se fomenta también una mayor protección y conservación no sólo del patrimonio natural de las ciudades, sino también del patrimonio cultural, aspectos que podrían considerarse de gran importancia para el Perú, por ser pilares del sector turismo, que llegó a convertirse en la tercera fuente de ingresos del país.

A través de estas metas, el onceavo objetivo de los ODS, contribuye a mitigar el impacto negativo de las ciudades, el cambio climático y busca una mejora significativa en la calidad de vida de las personas en las ciudades.

### 3.1.2. Certificaciones Internacionales de Sostenibilidad en el Perú

El mercado de certificaciones de sostenibilidad en el Perú se inició hace 10 años con la certificación LEED, quien enfocó su atención en el rubro comercial, es decir, en oficinas, retail, industria, hotelería y educación.

Entre los proyectos certificados más significativos y considerados como el pionero, se puede mencionar al Edificio Corporativo Platinum Plaza, ubicado en la ciudad de Lima, que obtuvo la Certificación LEED Oro en el año 2010, marcando así el inicio de la sostenibilidad en el Perú (Fig. 3). En este proyecto se registraron criterios innovadores como techos verdes, paneles solares, sensores de movimiento, una planta de tratamiento de agua, cristales insolados de doble capa como tratamiento de fachadas, entre otros, que revolucionaron la industria de la construcción en Lima. Según su gerente Pierre Giannoni, en este proyecto se alcanzaron importantes ahorros, disminuyendo así en energía un 50%, en agua un 60% y un 30% en reciclaje de materiales, aspectos que además de representar importantes beneficios, sirvieron de “gancho” para colocar y poder aumentar el



alquiler/venta de las oficinas, ya que se otorgaban beneficios adicionales que compensaban tanto a los usuarios como a los propietarios. Así también, fue uno de los pioneros en cambiar el aspecto de la quinta fachada en Lima, lo cual despertó un nuevo interés en muchos, gracias a la notoria mejora de su aspecto, en comparación con los edificios tradicionales. Con la implementación de techos verdes, no sólo se brindó un beneficio medioambiental, sino que también, permitió la creación y uso de nuevos espacios comunes para el disfrute de los usuarios, en lugar de superficies destinadas únicamente a equipos e instalaciones. Es así como los techos verdes se convirtieron también, en una importante parte a la hora de desarrollar un proyecto, sobre todo en una sociedad que busca incrementar las áreas verdes privadas para mejorar la calidad del aire, reducir la contaminación y el impacto negativo que toda construcción genera.

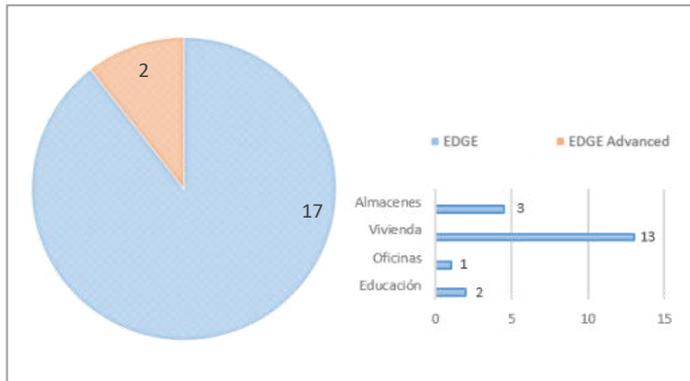
Esto desencadenó una nueva tendencia en Lima, que dio lugar a que hoy sean 114 los proyectos certificados LEED y 150 los que están en proceso. Entre los más recientes destacan la fábrica de Coca Cola, el Hotel Tambo del Inka de Cusco, las oficinas de Google, entre otros (Fig. 4). A la fecha, se considera ampliar el mercado LEED, hacia proyectos residenciales (Fig. 5).

Fig. 3. Edificio Corp.Platinum Plaza. Fuente: Diario Gestión

Fig. 4. Hotel Tambo del Inka. Fuente: Portal Web Marriot

Fig. 5. Proyectos LEED al año 2020. Fuente: Data Perú GBC 2020 / Gráfica propia

Otro de los sistemas de certificación con presencia en el Perú, es EDGE, cuyo inicio y primer taller de preparación para profesionales EDGE, se realizó en el año 2016. A



comparación de LEED, esta certificación no sólo se enfocó en el rubro comercial, sino también apuntó a los proyectos residenciales, donde se convirtió en la preferida (Fig. 6).

Fig. 6. Proyectos EGGE al año 2020.

Fuente: Web edgebuildings.com /

Graf. Propia

Esta certificación ha tenido una rápida acogida. En sólo 3 años se han logrado 17 proyectos certificados EDGE, 2 proyectos EDGE Advanced y hay más de 120 proyectos en proceso. Se puede decir que el atractivo de EDGE, recae en que adicionalmente a ser una certificación, es un estándar y una herramienta de software, que permite ver de manera



rápida los ahorros. Entre los proyectos certificados más recientes, se pueden mencionar a la Residencial Golf Los Inkas, certificada en el año 2017 y al C.C. Real Plaza de Puruchuco, que este año logró ser el centro comercial certificado más grande del mundo (Fig. 7).

Fig. 7. Centro Comercial Puruchuco. Fuente: Diario Gestión

Como señala CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción), esta sumatoria de proyectos ha iniciado una nueva tendencia, que debilita el mito acerca de que una construcción sostenible es cara y no un buen negocio. Esto ha resaltado y puesto en vitrina todos los beneficios cualitativos y cuantitativos que conlleva, así como marcar un camino hacia la sostenibilidad, en el cual recién se ha comenzado con gran expectativa y donde los techos verdes están teniendo una presencia muy importante (Fig. 8).



Fig. 8. Techos verdes con mayor demanda en Lima. Fuente: Arve

### **3.1.3. Marco Normativo Peruano en favor de proyectos sostenibles**

En el Perú, ya se cuenta con un Marco Legal que justifica la Normativa y las modificaciones que se van dando en busca de una construcción sostenible. Estas son:

- Ley 28611, Ley General del Ambiente
- Ley 30754, Ley Macro de Cambio Climático
- Decreto Supremo 012-2009 (Política Nacional del Ambiente)
- Decreto Supremo 022-2016 (Desarrollo Urbano Sostenible / Bonificación de altura)
- Decreto Supremo 015-2015 o Código Técnico de Construcción Sostenible
- Normativa 1628 (Política Metropolitana del Ambiente)
- Normativa 1136-2018 (Programa de Promoción de Ed. Sostenibles en Arequipa)
- Reglamento de Eco-etiquetado de Eficiencia Energética
- Ordenanzas de Promoción de Edificios Sostenibles

En los últimos 4 años, los gobiernos regionales y municipales, en colaboración con el GBC de Perú (Green Building Council), han venido trabajando para modificar la normativa en favor de las Construcciones Sostenibles, exponiendo los principales beneficios al público en general, a fin de captar la atención de todos los involucrados del sector de la construcción, comenzando por los arquitectos proyectistas, quienes son los primeros en considerar estas modificaciones de la normativa como parte de sus diseños, al igual que la ingeniería, que ya se encuentra colaborando y cumpliendo la normativa. Esto también abarca a los desarrolladores, quienes son los que finalmente toman la decisión de apostar y llevar a cabo las nuevas soluciones y estrategias, al apreciar los beneficios y mejores retornos que logran en sus inversiones climáticamente responsables.

### **3.2. TECHOS VERDES: ESTRATEGIA BIOCLIMÁTICA PARA MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES**

A lo largo de los años, se han venido planteando distintas soluciones en busca de lograr mejores condiciones de vida y un mayor confort. En tal sentido, Víctor Olgyay, pionero de los estudios bioclimáticos de la arquitectura, incentiva que se analice de manera más racional a la hora de proyectar edificaciones. Menciona que la integración a la arquitectura de disciplinas científicas como la climatología, biología e ingeniería, son importantes a fin de lograr una buena y equilibrada adaptación climática, reduciendo a la vez los efectos negativos del clima sobre la salud del hombre. Así hace referencia a que “El primer paso hacia la adecuación ambiental de los edificios consiste en un análisis de los elementos climáticos del lugar escogido. Debemos resaltar que cada elemento produce un impacto diferente y presenta una problemática distinta. Dado que el hombre constituye la medida de referencia fundamental en la arquitectura y que su refugio se proyecta para satisfacer sus necesidades biológicas, el segundo paso será realizar una evaluación de las incidencias del clima en términos fisiológicos. En tercer lugar, se analizará la solución tecnológica adecuada para cada problema de confort climático. En un estadio final, dichas soluciones deberán combinarse de acuerdo con su importancia en una unidad arquitectónica...” (Olgyay, 1998)

Así también, la Arquitectura Bioclimática plantea diversas estrategias arquitectónicas, que se pueden dividir de la siguiente manera (Neila González, 2004). Para condiciones de verano, se direccionan a la reducción y a la eliminación del sobrecalentamiento.

- En el primer caso, como puntos clave se tienen a la orientación y forma de la edificación, de manera que colaboren con proteger a la edificación de la radiación solar. Para ello se busca actuar sobre los elementos constructivos. Por ejemplo, cubiertas que consideren aislamientos, materiales reflectantes y colores claros, como cubiertas pintadas de blanco o techos verdes. Así también muros anchos, con acabados reflectantes, vanos controlados con celosías o aleros, que limiten el ingreso de radiación solar y superficies acristaladas gruesas, incluyendo marcos herméticos.
- En el segundo caso, se fomenta la ventilación pasiva y cruzada, de manera que el aire sobrecalentado del interior se sustituya por uno más fresco del exterior. Se busca aprovechar la velocidad del aire para reducir la sensación de calor, así como controlar los niveles de humedad relativa de 70% y mantener el confort.

Para condiciones de invierno, las estrategias bioclimáticas se direccionan en función a 3 pilares, tales como la captación, acumulación y distribución de la energía calorífica.

- Se busca captar de forma natural y pasiva la mayor cantidad de calor, a fin de ser aprovechada en los interiores, disminuyendo la calefacción. Implementar ventanales, lucernarios, así como aislamientos en las paredes y cubiertas son acciones a tomar.

Los techos verdes, son una de las estrategias basadas en los principios de Arquitectura Bioclimática, ya que actúan sobre las cubiertas, logrando un aislamiento y una superficie de mayor reflectancia solar en comparación a una cubierta convencional acabada en cemento o tejas (Fig. 9). Logran regular la temperatura, reducir la contaminación y mejorar la calidad de aire. Se plantean, como una medida de sostenibilidad aplicada a la construcción, ya que permiten mejorar la calidad ambiental de las ciudades y compensar la escasez de espacios verdes, que suelen ser una de las consecuencias más negativas del crecimiento urbano. Se entiende que “La cubierta vegetal o ajardinada es una cubierta convencional con la adición de un sustrato y de plantas” (Neila González, 2004). Va más allá de un sistema conformado por varias capas que mejora la apariencia de la edificación, ya que su importancia recae en la generación de grandes beneficios que otorgan un valor agregado, dentro de un contexto urbano donde el elemento vegetal se había perdido a raíz



de las construcciones. Se convierten así en pulmones urbanos, al funcionar como techos habitables que devuelven la biodiversidad y que buscan hacer de islas elevadas que conectan a las grandes ciudades con zonas naturales circundantes.

Fig. 9. Cubierta vegetal en techos. Fuente: UNAL

Así también, para Gernot Minke, un techo verde, es una solución sustentable que mejora significativamente el microclima de las grandes ciudades y si son bien hechos, pueden tener una vida útil mayor a 100 años. En su libro se menciona “Los techos verdes no son solamente agradables a la vista: forman un valioso biotopo en la ciudad, mejoran el aire y tienen considerables ventajas técnico-constructivas y también físico-constructivas; enfrían en verano y calientan en invierno y prolongan la vida útil del techo.” (Minke, 2004)

### 3.2.1. Marco Histórico

Los orígenes de los techos verdes se remontan a culturas muy distintas y tiempos antiguos, comenzando por los zigurats de Mesopotamia y seguido por los Jardines Colgantes de Babilonia, considerados como una de las primeras cubiertas vegetales. Filón de Bizancio expresó: “El llamado Jardín Colgante, con sus plantas por encima de la tierra, crece en el aire. Las raíces de los árboles forman un tejado sobre el suelo”. (National Geographic, 2019) Así también, como lo comenta Helge Ingstad en su libro *Die erste Entdeckung Amerikas* (1967), durante la Edad Media y el Renacimiento, las cubiertas vegetales fueron utilizadas por la clase alta y el clero, mientras que años después, se difundió su uso en las



construcciones modestas de los vikingos por ejemplo en sus viviendas (Fig. 10). Es así como la cubierta verde pasó de ser un símbolo exterior de riqueza, a ser un tema funcional, que buscaba aumentar el confort, evitar las pérdidas de calor e impermeabilizar los interiores de las viviendas, a través de paredes y techos recubiertos con césped o turba. Existen evidencias, que la misma técnica fue utilizada en países escandinavos como Finlandia, Suecia, Islandia, Dinamarca, Noruega, Groenlandia, Estados Unidos, entre otros.

Fig. 10. Ejemplos históricos de techos verdes. Fuente: NatGeo, hurstwic.org

#### 3.2.1.1. Tendencia Moderna y su influencia en la arquitectura

Un primer acercamiento al sistema de techo verde, tal y como se conoce hoy en día, se desarrolló a finales del siglo XIX, cuando se comenzaron a usar por primera vez varias capas en las cubiertas, con la finalidad de lograr su impermeabilización. Es así como se colocaron también capas de grava o arena, que además de permitir un acabado de poco costo como lo mencionaba el reconocido arquitecto Hugo Koch, disminuía el riesgo de propagación de fuego en las cubiertas (Koch, 1894). Con el paso del tiempo, se apreció que esta solución, no era la mejor, ya que, de colocar techos verdes, las especies vegetales llegaban a pasarse al interior. A mediados de los años 1930, se construyó una cubierta vegetal en el conocido Rockefeller Center de Estados Unidos. Hasta aquel momento, no se había logrado aún un conocimiento consolidado ni el “expertise” necesario como para poder ser replicado, lo que generó un estancamiento por los siguientes 30 años.

Fue en 1961, cuando se logra romper este estancamiento gracias a los estudios realizados por Reinhard Bornkamm, un botánico de la Universidad de Berlín, quien evaluó la manera de establecer vegetación en los techos de grava y analizó las bondades ecológicas de las cubiertas vegetales (Bornkamm, 1961). Con estas investigaciones se dejaron atrás los antiguos Techos Verdes de Alquitrán-Papel (TPG) que se usaban durante los años

1839-1930 en Alemania. Se puede mencionar que se le conoce como “el padre de las cubiertas vegetales”, ya que, con su investigación, se pasa a sustituir las capas de grava y arena típica, por una más funcional y que en lugar de sólo aportarle peso a la estructura, le otorgué a la edificación un beneficio como es retener agua de las lluvias a través de una capa de vegetación. Es así como se desencadenan los Techos Verdes Modernos y Extensivos (MEG). A partir de 1980, se desarrollan en Alemania alrededor de 10 millones de cubiertas vegetales y se da una masiva expansión en Europa, Estados Unidos y Canadá.

Al hablar de techos verdes, es importante mencionar también a Gernot Minke, reconocido arquitecto alemán, que marcó un hito en la arquitectura moderna, al enfocar sus proyectos en 2 grandes temas: por un lado, la arquitectura ecológica y por otro, una construcción de bajo costo, que utilice materiales constructivos naturales y logre reducir el impacto ambiental. Se le considera también como pionero en la elaboración de jardines sobre techos inclinados, ya que durante 1984 -2001, desarrolló un novedoso sistema de techos verdes, hoy considerado como pauta para todos los arquitectos, al igual que los numerosos libros y artículos que ha publicado, entre los cuales se encuentra *Techos verdes - Planificación, ejecución, consejos prácticos* (2004). Cabe señalar que se le considera el “padre de la bioconstrucción”.



Desde inicios del presente siglo, en diversas ciudades de Europa, el sistema de techo verde pasó de ser una tendencia, a un sistema de práctica común, hoy bastante arraigado. Tal como lo mencionó en su momento el escritor español, Federico García Lorca, la realidad de muchas ciudades europeas se ven hoy representadas con la frase “Verde que te quiero verde” (Fig. 11), primer verso de su “Romance

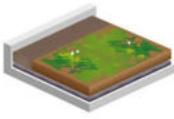
Sonámbulo”. Se puede decir que en EEUU y gran parte de América Latina, aún están los techos verdes en proceso de adaptación y regulación según la normativa de cada país.

Fig. 11. Ecovillage en Kassel. Fuente: Web gernotminke.de

### 3.2.2. Tipos de Techos Verdes

Son tres las alternativas de techos verdes y su elección está en función por un lado del tipo de vegetación con la que se quiera contar en la azotea, y por otro en función a las necesidades del cliente, tipo de techo y estructura disponible. Cada elección involucra distintas profundidades de medio de cultivo y diferentes grados de complejidad en cuanto al mantenimiento y riego. Se clasifican así los cultivos en: Extensivo, Semi-Intensivo e Intensivo.

### 3.2.2.1. Extensivo

| TECHO VERDE EXTENSIVO   |   |                   |            |            |           |          |           |
|---|---|-------------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|
|  |    |                   |            |            |           |          |           |
| APLICABLE EN TIPO DE TECHO  | TECHO PLANO (0-5°)      TECHO INCLINADO   |                   |            |            |           |          |           |
| COBERTURA VEGETAL TRANSITABLE   | NO TRANSITABLE - FRÁGIL   |                   |            |            |           |          |           |
| ESPESOR DE SUSTRATO   | POCA PROFUNDIDAD 10-15 CM   |                   |            |            |           |          |           |
| COMPOSICIÓN DE SUSTRATO   | 70% DE MATERIAL POROSO E INORGÁNICO + 30% MATERIA ORGÁNICA  |                   |            |            |           |          |           |
| CARGA O PESO ADICIONAL  | DE 90 A 140 KG/M <sup>2</sup>   |                   |            |            |           |          |           |
|   | TAPIZANTE, DE PORTE BAJO  |                   |            |            |           |          |           |
| TIPO DE VEGETACIÓN  | <table border="1"> <tr> <td>CRASÚLEAS (SEDUM)</td> <td>CUBRESUELO</td> <td>SUCULENTAS</td> <td>HERBÁCEAS</td> <td>RASTERAS</td> <td>GRAMÍNEAS</td> </tr> </table> | CRASÚLEAS (SEDUM) | CUBRESUELO | SUCULENTAS | HERBÁCEAS | RASTERAS | GRAMÍNEAS |
| CRASÚLEAS (SEDUM)   | CUBRESUELO  | SUCULENTAS        | HERBÁCEAS  | RASTERAS   | GRAMÍNEAS |          |           |
| ALTURA DE VEGETACIÓN  | DE 5 CM A 50 CM   |                   |            |            |           |          |           |
| DIVERSIDAD VEGETAL  | POCA  |                   |            |            |           |          |           |
| TIPO DE CRECIMIENTO   | PRINCIPALMENTE HORIZONTAL   |                   |            |            |           |          |           |
| ASPECTO SEMEJANTE A   | PRADERA   |                   |            |            |           |          |           |
| MANTENIMIENTO   | POCO      MODERADO      ALTO  |                   |            |            |           |          |           |

Son cubiertas con vegetación que permanecen verdes todo el año. Al tratarse de sedum, presentan mayor capacidad de desarrollarse y mantenerse por sí solas, necesitan poco mantenimiento, ya que requieren deshierbar y fertilizar una vez al año. Aptos para distintos tipos de techos.



Tabla 1. Techo verde Extensivo. Fuente: Elaboración propia de resumen

Fig. 12. Vegetación - Tipo Extensivo. Fuente: Mediflora / Vivero Los Inkas

### Extensivo no accesible

Esta variación de techo extensivo, es especial para aquellas edificaciones que no permiten reforzar sus estructuras, como naves industriales o galpones, por lo que se emplea una capa más delgada de sustrato, a fin de contar con una menor cantidad de carga sobre la estructura. Requiere escaso riego, salvo cuando no son épocas de lluvia.



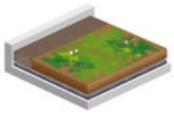
| TECHO VERDE EXTENSIVO NO ACCESIBLE  |  |            |                   |           |            |
|---|--|------------|-------------------|-----------|------------|
|  |    |            |                   |           |            |
| APLICABLE EN TIPO DE TECHO  | TECHO PLANO (0-5°)      TECHO INCLINADO  |            |                   |           |            |
| COBERTURA VEGETAL TRANSITABLE   | NO TRANSITABLE   |            |                   |           |            |
| ESPESOR DE SUSTRATO   | MUY POCA PROFUNDIDAD 5-10 CM   |            |                   |           |            |
| COMPOSICIÓN DE SUSTRATO   | 70% DE MATERIAL POROSO E INORGÁNICO + 30% MATERIA ORGÁNICA   |            |                   |           |            |
| CARGA O PESO ADICIONAL  | DE 50 A 90 KG/M <sup>2</sup>   |            |                   |           |            |
|   | TAPIZANTE, DE PORTE BAJO / VEGETACIÓN LIGERA   |            |                   |           |            |
| TIPO DE VEGETACIÓN  | <table border="1"> <tr> <td>CUBRESUELO</td> <td>CRASÚLEAS (SEDUM)</td> <td>HERBÁCEAS</td> <td>SUCULENTAS</td> </tr> </table> | CUBRESUELO | CRASÚLEAS (SEDUM) | HERBÁCEAS | SUCULENTAS |
| CUBRESUELO  | CRASÚLEAS (SEDUM)  | HERBÁCEAS  | SUCULENTAS        |           |            |
| ALTURA DE VEGETACIÓN  | DE 5 CM A 50 CM  |            |                   |           |            |
| DIVERSIDAD VEGETAL  | POCA   |            |                   |           |            |
| TIPO DE CRECIMIENTO   | PRINCIPALMENTE HORIZONTAL  |            |                   |           |            |
| ASPECTO SEMEJANTE A   | PRADERA  |            |                   |           |            |
| MANTENIMIENTO   | POCO      MODERADO      ALTO   |            |                   |           |            |

Tabla 2. Techo verde Extensivo no accesible. Fuente: Elaboración propia de resumen

Fig. 13. Vegetación - Tipo Extensivo no accesible. Fuente: Mediflora

### 3.2.2.2. Semi-Intensivo

| TECHO VERDE SEMI-INTENSIVO    |  |                     |                  |                     |            |           |            |
|-------------------------------|--|---------------------|------------------|---------------------|------------|-----------|------------|
| APLICABLE EN TIPO DE TECHO    | TECHO PLANO (0-5°)      TECHO INCLINADO  |                     |                  |                     |            |           |            |
| COBERTURA VEGETAL TRANSITABLE | SOPORTA TRANSITO DE PERSONAS   |                     |                  |                     |            |           |            |
| ESPESOR DE SUSTRATO           | PROFUNDIDAD MEDIA 15-30 CM   |                     |                  |                     |            |           |            |
| COMPOSICIÓN DE SUSTRATO       | 40% DE MATERIAL POROSO E INORGÁNICO + 60% MATERIA ORGÁNICA   |                     |                  |                     |            |           |            |
| CARGA O PESO ADICIONAL        | DE 150 A 250 KG/M <sup>2</sup>   |                     |                  |                     |            |           |            |
| TIPO DE VEGETACIÓN            | TAPIZANTE, DE PORTE BAJO Y MEDIO   |                     |                  |                     |            |           |            |
|                               | <table border="1"> <tr> <td>ARBUSTOS MEDIANOS</td> <td>CYCA Y CONIFERAS</td> <td>CACTUS Y SUCULENTAS</td> <td>HERBÁCEAS</td> <td>GRAMÍNEAS</td> <td>CUBRESUELO</td> </tr> </table> | ARBUSTOS MEDIANOS   | CYCA Y CONIFERAS | CACTUS Y SUCULENTAS | HERBÁCEAS  | GRAMÍNEAS | CUBRESUELO |
| ARBUSTOS MEDIANOS             | CYCA Y CONIFERAS   | CACTUS Y SUCULENTAS | HERBÁCEAS        | GRAMÍNEAS           | CUBRESUELO |           |            |
| ALTURA DE VEGETACIÓN          | DE 5 CM A 1.00 M   |                     |                  |                     |            |           |            |
| DIVERSIDAD VEGETAL            | REGULAR  |                     |                  |                     |            |           |            |
| TIPO DE CRECIMIENTO           | ES TANTO HORIZONTAL COMO VERTICAL  |                     |                  |                     |            |           |            |
| ASPECTO SEMEJANTE A           | PRADERA CON RELIEVE  |                     |                  |                     |            |           |            |
| MANTENIMIENTO                 | POCO      MODERADO      ALTO   |                     |                  |                     |            |           |            |

|          |  |            |  |           |  |                   |   |           |  |
|----------|--|------------|--|-----------|--|-------------------|---|-----------|--|
| ARBUSTOS |  | SUCULENTAS |  | GRAMÍNEAS |  | CRASÚLEAS (SEDUM) |  | HERBÁCEAS |  |
|----------|--|------------|--|-----------|--|-------------------|---|-----------|--|

Es el más usado, por presentar características intermedias que le permiten contar con una mayor variedad de vegetación, en comparación con los techos verdes extensivos, motivo por el cual su riego es regular, al igual que su mantenimiento. Tienen también un sistema de drenaje más elaborado, al considerar dentro de su gestión, la disminución de la escorrentía y el agua de lluvia para el riego, la cual debe complementarse con un sistema mecánico. Su elección es ideal para techos accesibles de poco espesor de losa, como son la losa maciza y losa aligerada.

Tabla 3. Techo verde Semi-Intensivo. Fuente: Elaboración propia de resumen

Fig. 14. Vegetación - Semi-Intensivo. Fuente: Mediflora / Vivero Los Inkas

### Huertos Urbanos

Como variación de los techos semi-intensivos, estos consideran la utilización de cajoneras o mesas de cultivo de madera, pudiendo contar con cobertores de malla. Es una alternativa sostenible, local, elegida por aquellos que tienen un techo plano y que buscan cultivar en la ciudad sus propias frutas, legumbres, hortalizas, especias, entre otros. Estas plantaciones se caracterizan por ser de ciclo corto, fácil manejo y muy resistentes a las plagas. El sistema de riego utilizado puede ser manual, en caso de ser reducido, o se puede implementar un sistema de riego por goteo. El sustrato, debe ser ligero, rico en nutrientes, pudiéndose aplicar compost casero. También se pueden desarrollar cultivos hidropónicos. Se están implementando con mayor frecuencia sobre hoteles y también en restaurantes, logrando como beneficio, el autoconsumo, es decir alimentos de la huerta a la mesa.



Fig. 15. Cajoneras para huertos urbanos. Fuente: Hort Americas, México

### 3.2.2.3. Intensivo

Es aquel que se desarrolla en un techo plano y permite elegir diversos tipos de vegetación, mediante un diseño que además de ser estético, considera usos múltiples como un espacio de recreación, descanso y goce al aire libre. Como su propio nombre lo dice, su gestión en cuanto al riego y mantenimiento es mucho mayor, incidiendo en los costos.



| TECHO VERDE INTENSIVO         |  |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
|-------------------------------|--|------------------|----------------------------|----------|-------------------|-----------|-----------|----------|---------------------|--|--|--|------------|
| APLICABLE EN TIPO DE TECHO    | TECHO PLANO (0-5°)      TECHO INCLINADO  |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| COBERTURA VEGETAL TRANSITABLE | SOPORTA TRANSITO DE PERSONAS   |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| ESPESOR DE SUSTRATO           | PROFUNDIDAD ALTA 30-90 CM  |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| COMPOSICIÓN DE SUSTRATO       | 30% DE MATERIAL POROSO E INORGÁNICO + 70% MATERIA ORGÁNICA   |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| CARGA O PESO ADICIONAL        | MAYOR A 250 KG/M <sup>2</sup>  |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| TIPO DE VEGETACIÓN            | TAPIZANTE, PORTEBAJO, MEDIO Y GRANDE / VEGETACIÓN PESADA   |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
|                               | <table border="1"> <tr> <td>ÁRBOLES FRUTALES</td> <td>PALMERAS, CYCA Y CONIFERAS</td> <td>ARBUSTOS</td> <td>CRASÚLEAS (SEDUM)</td> </tr> <tr> <td>HERBÁCEAS</td> <td>GRAMÍNEAS</td> <td>RASTERAS</td> <td>CACTUS Y SUCULENTAS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>CUBRESUELO</td> </tr> </table> | ÁRBOLES FRUTALES | PALMERAS, CYCA Y CONIFERAS | ARBUSTOS | CRASÚLEAS (SEDUM) | HERBÁCEAS | GRAMÍNEAS | RASTERAS | CACTUS Y SUCULENTAS |  |  |  | CUBRESUELO |
| ÁRBOLES FRUTALES              | PALMERAS, CYCA Y CONIFERAS   | ARBUSTOS         | CRASÚLEAS (SEDUM)          |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| HERBÁCEAS                     | GRAMÍNEAS  | RASTERAS         | CACTUS Y SUCULENTAS        |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
|                               |  |                  | CUBRESUELO                 |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| ALTURA DE VEGETACIÓN          | DE 5 CM A 4.00 M   |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| DIVERSIDAD VEGETAL            | MÁXIMA   |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| TIPO DE CRECIMIENTO           | PRINCIPALMENTE VERTICAL  |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| ASPECTO SEMEJANTE A           | TIPO BOSQUE CON DISEÑO PAISAJÍSTICO  |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |
| MANTENIMIENTO                 | POCO      MODERADO      ALTO   |                  |                            |          |                   |           |           |          |                     |  |  |  |            |

Tabla 4. Techo verde Intensivo. Fuente: Elaboración propia resumen Fig. 16. Vegetación para tipo Intensivo. Fuente: Vivero Los Inkas / Mediflora



### 3.2.3. Componentes de los Techos Verdes

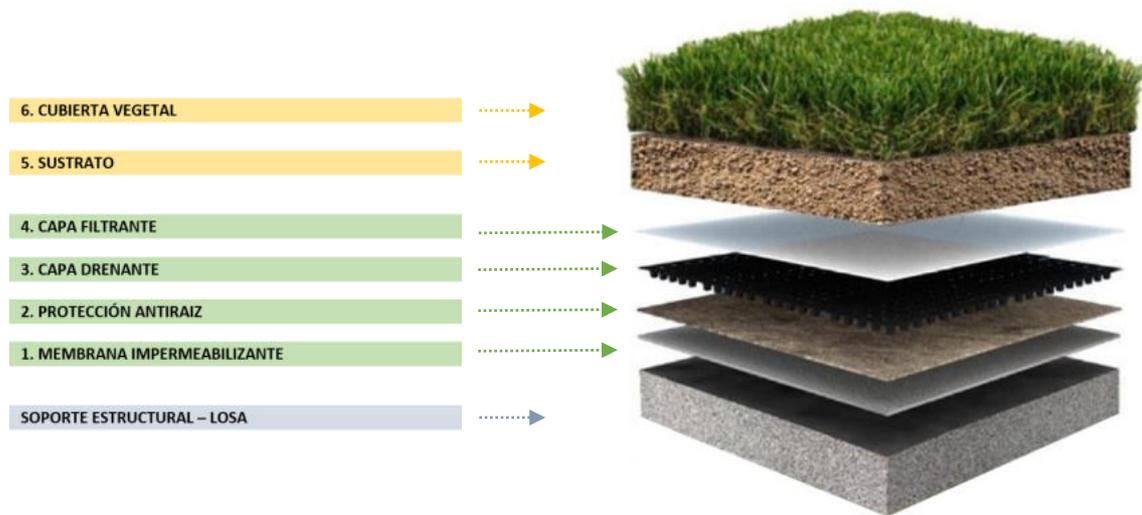


Fig. 17. Componentes. Fuente: The European Portal for Energy Efficiency in Buildings

### Colocación del sustrato y cubierta vegetal

Fig. 18. Sistema convencional tipo rollo. Fuente: Portal Web inkooopgilde.nl



Fig. 19. Sistema modular para techos verdes. Fuente: Portal Web ecotelhado.com.co



## **SOPORTE ESTRUCTURAL – LOSA**

Se refiere al techo, el encargado de soportar las cargas del sistema. Debe contar con una mínima pendiente del 2% para asegurar la evacuación del agua, así como un sumidero. Suele llevar un acabado final de membrana líquida impermeabilizante o un primer sellado.

### **1. MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE**

Es el primer componente del sistema y se encarga de mantener libre de humedad al techo, así como de impedir que algún remanente de agua, sea de lluvia o de riego, se filtre en las estructuras, provocando goteras. Se le considera un material resistente a los pinchazos y variaciones de temperatura. Puede funcionar como una segunda barrera anti raíces por sus propiedades, especialmente cuando se trata de cubiertas intensivas. Se le conoce como geomembrana a base de PVC.

### **2. PROTECCIÓN ANTIRAIZ**

Esta capa es importante ya que refuerza e impide el paso de raíces a la membrana impermeabilizante. Esto sucede en el tipo intensivo, donde las raíces pueden llegar a ser muy agresivas cuando buscan agua y nutrientes. En los demás tipos de techos, se podría llegar a omitir, al presentarse raíces más débiles y menos profundas.

### **3. CAPA DRENANTE**

Está conformada por elementos prefabricados que se encargan de mantener la humedad, almacenar una fracción de agua y drenarla hacia el desagüe del techo. Su forma alveolar o tipo vasos, funciona como una primera barrera parcial de raíces. Estas membranas de polietileno de alta densidad (HPDE), junto con el sustrato, cumplen la función de controlar la escorrentía superficial. Se presentan de tipo modular o como planchas ensambladas.

### **4. CAPA FILTRANTE**

Se le conoce también como el geotextil superior o geotextil no tejido y se encarga de contener las partículas más pequeñas del sustrato como piedras, con la finalidad de que no tapen la capa drenante. Funciona a manera de un filtro de café. Es un material con muy buena permeabilidad, permite el crecimiento de raíces y es incorruptible.

### **5. SUSTRATO**

Es el medio de cultivo y debe cumplir con los requerimientos básicos de nutrientes, retención y acumulación de agua. Debe ser estable para alojar a las diversas raíces. Se forma a partir de compost, arena y material poroso como pequeñas piedras. Se coloca en un proyecto, a través de costales o “big bags” o ya puede estar incluido dentro de un sistema modular que contiene a su vez vegetación de muy poca altura como sedum. Su elección en un tema de gustos y de fabricantes. Ambos tipos funcionan adecuadamente.

### **6. CUBIERTA VEGETAL**

De acuerdo al tipo de techo, se selecciona la vegetación a utilizar. Entre los criterios para su elección destacan el uso de plantas nativas resistentes a vientos, climas extremos, cuyo crecimiento no es invasivo y fácil de predecir. Se consideran plantas que de preferencia necesiten poca agua y poco mantenimiento, así como un suelo bajo de nutrientes.

### 3.2.4. Consideraciones técnicas y de diseño

Independientemente del tipo de techo que presente la edificación, sea esta de tipo plano o inclinado, se deben cumplir con una serie de requerimientos para poder instalar un techo verde. Dado que el mayor porcentaje de techos en Lima son planos y de concreto armado, sobre todo en las edificaciones de varios niveles como oficinas o multifamiliares, es que el presente estudio enfoca su atención en entender su funcionamiento y todas las consideraciones que implica contar con este sistema y contribuir con la reducción de la contaminación ambiental. Es por este motivo que se mencionan a los techos inclinados sólo como una opción, más no se profundiza en cuanto a la aplicación de los mismos.

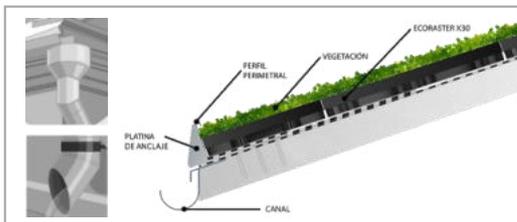
#### 3.2.4.1. Sistema para techos planos

Como definición, se considera como techo plano, aquel cuya pendiente máxima es de  $5^\circ$  (Minke, 2004). Se debe tener en cuenta que los techos planos, no son del todo planos, siempre se diseñan dejando una pequeña pendiente que permite que el agua de lluvias no se empoce, se dirija y se evacue hacia el desagüe a través de los sumideros (Fig. 20). Para colocar un techo verde bajo este sistema, se debe tener en cuenta requerimientos como, un muro bajo perimetral o sardinel como mínimo de 20 cm o en el mejor de los casos un parapeto de 90 a 110 cm. Así también en todos los encuentros entre losa y elementos verticales, deben existir chaflanes a  $45^\circ$  como mínimo de 8 cm de altura a fin de que el agua no se empoce (Fig. 21). De no contar con los requerimientos mencionados, se procede con las adaptaciones necesarias y una debida asesoría.



Fig. 20. Evacuación del agua. Fuente: Instalador de Techos verdes, Fund. Carlos Slim  
Fig. 21. Chaflanes en encuentros. Fuente: Inst. de Techos verdes, Fund. Carlos Slim

#### 3.2.4.2. Sistema para techos inclinados



Se consideran como techos inclinados a los que presentan una inclinación entre  $5^\circ$  y  $45^\circ$ . Al ser este tipo de techos ideales para lugares lluviosos y muy fríos, en Lima se aprecian muy poco. Se hallan mayormente en casas de 1 o 2 niveles y gran parte de ellos son de madera.

Al colocar el sistema de techo verde, se debe tener en cuenta colocar platinas de anclaje perimetrales y guardillas intermedias que aseguren el sustrato y eviten posibles deslizamientos (Fig. 22). De no contar con instalaciones de desagüe embebidas en la losa, se opta por una canaleta que almacena agua y la conduce por una tubería que desagua hacia el nivel inferior, pudiéndose acumular en un reservorio para su posterior utilización.

Fig. 22. Techos verdes inclinados. Fuente: Instalador de Techos verdes y Proarq

### 3.2.4.3. Consideraciones de carga

En vista que un techo verde representa un peso extra sobre la estructura de la edificación, debe realizarse un diagnóstico antes de la ejecución por parte de especialistas en el tema, como arquitectos e ingenieros estructurales, que evalúen la factibilidad de llevarlo a cabo de manera directa o propongan alternativas de refuerzo. Se debe tener en cuenta principalmente factores como el espesor y peso de la losa, la cual debe tener como mínimo una capacidad de carga de 110-140 kg/m<sup>2</sup>, considerando a su vez las cargas muertas y vivas estimadas. De esta manera se tendrá la seguridad de no sobrepasar la capacidad de carga admisible máxima y se podrá asegurar que la losa resiste sin problema alguno el peso de la sumatoria de capas, su sustrato y el tipo de vegetación.

### 3.2.4.4. Impermeabilización y Prueba de Estanqueidad

Como se mencionó anteriormente la membrana impermeabilizante es la primera capa del sistema. Para una correcta instalación debe considerarse lo siguiente:

- La impermeabilización debe sobresalir 10 cm sobre el nivel del sustrato. En los parapetos o sardineles, se coloca un perfil de sujeción perimetral y se fija con tarugos y tornillos de acero cada 15 cm, evitando dañar los elementos estructurales (Fig. 23). Al extender los rollos impermeables sobre la losa, se deben dejar traslapes de 15 cm y cortar círculos en todo aquel lugar destinado a sumideros, evitando así el bloqueo del desagüe y bajadas de agua. Al ser estos, los puntos más críticos, se refuerzan con bandas autoadhesivas y se tiene un especial cuidado. Considerar un traslape en los chaflanes, de manera que queden doblemente cubiertos. Esto se logra extendiendo el rollo hasta la parte superior del chaflán y haciendo que se traslape con el rollo que viene desde el perfil de sujeción hasta la parte más baja del mismo.

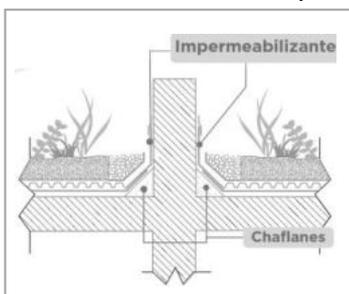


Fig. 23. La impermeabilización. Fuente: Inst. de Techos verdes, Fund. Carlos Slim

- Se debe mejorar el acabado del sardinel o parapeto, mediante una masilla entre el perfil de sujeción y la pared. En todos los traslapes, se aplica la termofusión, proceso a través del cual, los plásticos o membranas, se unen químicamente por el calor.
- A fin de verificar que todo quede bien sellado, se procede con la Prueba de Estanqueidad (Fig. 24). Para ello se realiza una limpieza previa, se examinan los bordes, uniones y se taponean todos los desagües, para proceder con la inundación de la superficie plana, a una altura de 10 cm. Esta se marca para comprobar luego de 48 horas, si el nivel varió o no. De ser muy ligero el cambio, se debe a la evaporación, lo que determina un correcto estancamiento del agua. También deben revisarse los bordes, y esquinas del nivel inferior, para ver que no hallan muestras de humedad ni filtración.



Fig. 24. Prueba de Estanqueidad. Fuente: Portal Web Generación Verde

### 3.2.4.5. Riego y drenaje de techos verdes

Todos los tipos de techos verdes, necesitan de un sistema de riego y abono calendarizado para lograr durante su fase inicial, una correcta implantación. Mientras la vegetación se aclimata y llega hasta el 85% de formación, se debe tener un mantenimiento periódico y una adecuada gestión de riego, a fin de lograr una cubierta vegetal sostenible, que muestre independencia propia en cuanto a su crecimiento y rusticidad. Para ello es muy importante contar con sumideros, siempre accesibles, que tengan opción a limpiarse y nunca se tapen, por lo que se colocan alcachofas o cajas filtrantes (Fig. 25). Alrededor de estos y en los encuentros con el parapeto, se recomienda una zona con gravilla, de tal manera que funcione como un filtro y las distancie de las zonas con sustrato (Fig. 26).

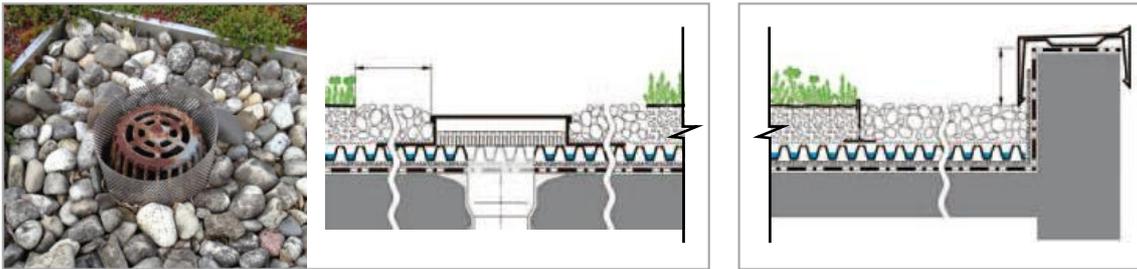


Fig. 25. Alcachofas o cajas filtrantes. Fuente: Portal Web sudsostenible.com

Fig. 26. Zonas de gravilla en los perímetros. Fuente: Guía ZinCo

En Lima, al no tener lluvias frecuentes, se debe contar con un riego continuo, pero en poca cantidad, a fin de que las raíces siempre tengan su alimento y no profundicen en busca de este, ya que esto podría ocasionar una mayor presión sobre las membranas del sistema de techos verdes. En este caso, no se recomienda un riego manual, ya que, al contar únicamente con grifos de riego y mangueras, se presenta un gran desperdicio de agua y una sobrecarga considerable sobre la estructura. Es así como, se procede al uso exclusivo de sistemas de riego automatizado, donde su elección varía en función del tipo de techo verde, condicionantes y aspecto buscado, los cuales se detallan a continuación.

- Riego por goteo tradicional:

Es el más usado por ser un sistema que optimiza el uso de agua, a través de un conjunto de mangueras y goteros localizados que aportan agua, sin ocasionar pérdidas, desplazamientos innecesarios y una mínima evaporación de la misma (Fig. 27). Estos, funcionan con baja presión de agua y se colocan en la parte superior del sustrato, de manera que la irrigación va descendiendo de manera pausada, hasta llegar a la capa drenante, donde se va almacenando en el dren o membrana alveolar. Cuando el agua se acumula, es dirigida hacia el sumidero. Este sistema pasa desapercibido después del crecimiento de la vegetación (Fig. 28).

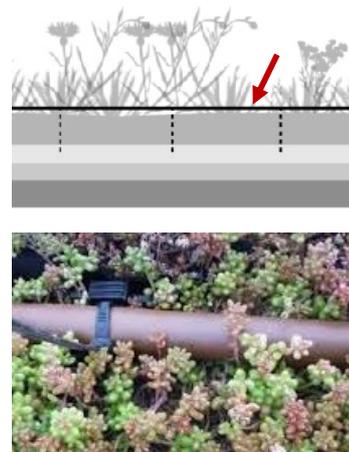
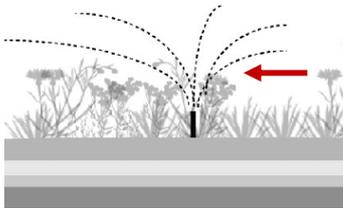


Fig. 27. Riego por goteo con mangueras sobre el sustrato. Fuente: Guía ZinCo

Fig. 28. Tuberías que pasan desapercibidas. Fuente: Portal Web vegetalid.us

- Riego por aspersión:

Este sistema se utiliza con mayor frecuencia en medianas y grandes áreas, debido a su alcance. En este caso, el agua cae directamente en las hojas y área plantada, logrando un efecto rápido y una instalación más discreta. Esto se debe a que implica una red de tuberías y accesorios de PVC, colocados en zanjas, que luego son tapados, quedando desapercibidos junto con los regadores. La única parte visible son los aspersores (Fig. 29).



Cabe señalar que la salida de agua y electricidad deben estar relativamente cerca, para poder colocar un programador automático. Este se encarga de administrar el sistema de riego y utiliza válvulas solenoides, que son compuertas de agua que se abren y se cierran de acuerdo a los impulsos enviados por el programador, dividiendo así al sistema en varios circuitos que funcionan automáticamente (Fig. 30). En comparación con el riego por goteo, el caudal utilizado es 3 veces mayor, pero requiere un menor mantenimiento y una buena presión de agua. Cabe señalar que en este sistema sí se pierde agua por evaporación.

Fig. 29. Riego con aspersores. Fuente: Guía ZinCo

Fig. 30. Sistema automatizado con aspersores. Fuente: Portal Web vegetalid.us

- Riego por capilaridad:

Se trata de un sistema que reduce considerablemente el consumo de agua, al llegar de manera directa a las raíces mediante tuberías de goteo que se colocan por debajo del sustrato, lo cual permite una menor evaporación de agua en las superficies y pérdidas por el factor viento (Fig. 31). Con este sistema se utilizan menos goteros y tuberías, en comparación con el sistema tradicional de riego por goteo, logrando así un ahorro. Estas tuberías se colocan cada 50 cm (Fig. 32). Las tuberías se fijan con velcro a la capa filtrante, de manera tal que se humedezca el sustrato ascendentemente y sean las raíces las que reciban el agua de manera directa y rápidamente.

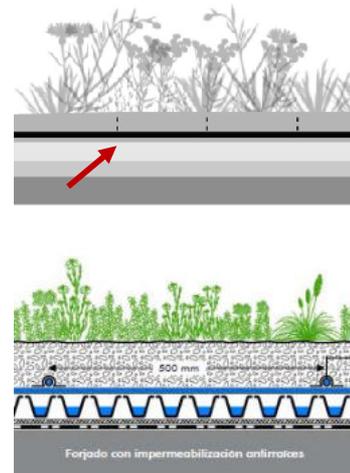


Fig. 31. Riego por capilaridad, tuberías ocultas en el sustrato. Fuente: Guía ZinCo

Fig. 32. Distanciamiento de tuberías de riego. Fuente: Guía ZinCo

### 3.2.4.6. El mantenimiento de la cubierta vegetal

Es necesario un mantenimiento mensual, por ello se sugiere podar cuando se exceda los 90 cm de altura, dejando algunos restos de la poda como abono. Así también, se sugiere revisar la aparición de plantas extrañas, de ser el caso, se deben retirar de raíz para evitar su propagación. En cuanto al abono, será necesaria su colocación hasta que la superficie vegetal cubra el 85% de la superficie total. Debe realizarse cada 45 días y de preferencia debe ser por las tardes y asegurándose de esparcir el abono por toda la superficie vegetal.

### 3.2.5. Beneficios de los Techos Verdes

Como se comentó anteriormente, los múltiples beneficios que ofrecen los techos verdes, han dado lugar a que en muchos países se promoviera su implementación, incluso se han ido incorporando dentro de diversas políticas de urbanismo. A continuación, se muestra la propuesta de triple valor de los techos verdes.

#### 3.2.5.1. Beneficios Económicos

- **Diferenciación que aumenta el valor y vida útil de una propiedad**

La incorporación de una cubierta vegetal en una edificación permite alargar la vida útil del techo al estar protegido de la radiación ultravioleta y otros daños que podrían ocurrir al estar en permanente exposición como el desgaste por las condiciones climáticas o por la misma humedad. Así también, funcionan como reguladores de la temperatura interior, haciendo ambientes más frescos en verano y más templados en invierno, aspecto que juega en favor de los ocupantes, que podrán reducir el consumo de energía y tendrán menores costos en sus facturas mensuales. Este beneficio económico permanecerá a lo largo de la vida útil de la edificación (Tabla 5).

| <i>COSTOS VS. BENEFICIOS DE UN TECHO VERDE EN PERÚ</i>         | <i>TECHO CONVENCIONAL</i> | <i>TECHO VERDE EXTENSIVO</i> |
|--|---------------------------|------------------------------|
| Costos de Inversión en recubrimiento del techo 1m <sup>2</sup> | €15 equiv. a S/.60        | €80-140 equiv. a S/.340-500  |
| Duración en años   | 20 años                   | 60 años                      |
| Recuperación de inversión del techo verde en años              | -                         | 8 – 12 años                  |

Tabla 5. Recuperación de Inversión. Fuente: El Comercio / Ante todo... lo verde

Adicionalmente, su incorporación mejora significativamente la estética de la edificación y de su entorno, sobre todo de la quinta fachada o azotea, convirtiéndola así en un espacio más a ser aprovechado. Esto incrementa significativamente su valor de venta y la rapidez con que se vende una propiedad, al generarse un valor agregado que convence a los interesados a pagar por un mayor valor. Así también los mencionados aspectos, significan una revalorización en el caso de ser aplicados en edificaciones existentes.

- **Reducción del consumo energético**

Este aspecto está muy ligado a la tipología de la edificación. Por ejemplo, en industrias, comercio o viviendas de un solo nivel, la aplicación de techos verdes significará una reducción en el consumo de energía, dado que las cubiertas vegetales son un excelente aislante y regulador de la temperatura. Adicionalmente al presentar un Índice de Reflectancia Solar (SRI) mayor al de una losa acabada en cemento, será menos el calor absorbido, por lo cual se necesitará de menos aire acondicionado y menos calefacción. En el caso de edificaciones de varios niveles, como oficinas, multifamiliares, entre otros, será el último nivel el más beneficiado. Estas significativas reducciones en el consumo de energía, implican a su vez menos costos, lo que determina un especial atractivo adicional, sobre todo si se toma en cuenta la tendencia creciente de las proyecciones en cuanto al precio de la energía.

- **Reducción de la carga del alcantarillado**

En los lugares con alta densidad poblacional y donde además se registran fuertes lluvias, los techos verdes cumplen la función de captar el agua de lluvia y retenerla, a fin de poderla reutilizar luego para regadíos, descarga de sanitarios, limpieza o para la demanda de los sistemas HVAC. Esto permite lograr importantes ahorros en el consumo final de agua que se verán reflejados en las tarifas mensuales. Así también, al ser menor la escorrentía en las cubiertas, no sólo se reduce la carga sino también la cantidad de agua que arrastra suciedad, polvo, desechos de aves, entre otros hacia la red del alcantarillado, lo cual implica luego menores procesos de tratamiento y purificación para ser nuevamente utilizada como agua potable. Por otro lado, también implica una menor inversión pública y privada en cuanto a las ampliaciones de las redes existentes. En Lima, no se tienen fuertes lluvias, pero si hay garúas regularmente, las cuales son conocidas como lluvias muy finas y de poca duración, que se dan con mayor frecuencia durante las estaciones de otoño e invierno, por lo cual, si se dará una reducción de la carga del alcantarillado y menores costos, pero en menor proporción en comparación a otros lugares del Perú, donde sí se presentan fuertes lluvias.

### 3.2.5.2. Beneficios Sociales

- **Calidad del ambiente exterior y su repercusión en la salud**

Hoy en día casi no hay ciudades donde el aire no esté contaminado, un 92% de la población está expuesta a peligros niveles, que no sólo ponen en riesgo la salud de las personas, sino también la biodiversidad y los ecosistemas. Según la OMS: “Se considera que el aire limpio es un requisito básico de la salud y del bienestar humano” (OMS, 2006). En tal sentido, es necesario preocuparse por la reducción de la contaminación ambiental y una de las alternativas que colabora con este propósito son las cubiertas vegetales o techos verdes, ya que, gracias a la fotosíntesis, actúan como un filtro biológico, que capturan los gases contaminantes como el CO<sub>2</sub> y diversas partículas de polvo suspendidas que existen en la atmósfera. Se considera importante mencionar entonces, las siguientes relaciones de equivalencia entre la cantidad de vehículos contaminantes y la absorción de CO<sub>2</sub> que se dan en 1 m<sup>2</sup> de cubierta vegetal, en un arbusto o un árbol maduro (Tabla 6).

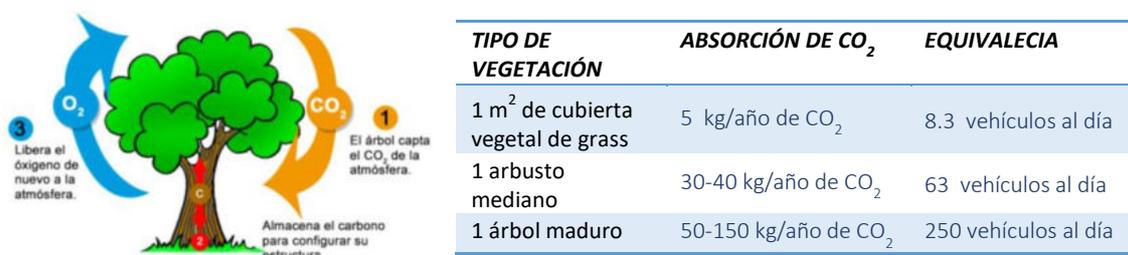


Fig. 33. Ciclo del carbono en árboles. Fuente: ISENER

Tabla 6. Absorción de CO<sub>2</sub> por especie vegetal. Fuente: UNEP - Elaboración propia

Cabe señalar que una cubierta vegetal únicamente con césped, colabora en menor medida en comparación a una cubierta semi-intensiva donde se consideran diversas especies con mayor capacidad de captación en su estructura como las herbáceas, palmeras, arbustos, entre otros. Mientras mayor sea la biomasa de una especie vegetal, mayor será su captación de carbono (Fig. 33). Es importante mencionar también que el carbono funciona como un catalizador que mejora el suelo, lo cual es benéfico para las plantas, ya que trabajan mejor cuando las cantidades de CO<sub>2</sub> son mayores y estas al mezclarse con el agua, producen carbohidratos o glucosa y liberan oxígeno a la atmósfera.

En relación a lo mencionado y teniendo en cuenta que una persona consume 12 kg de aire al día, se necesitarían aproximadamente 880 m<sup>2</sup> de cubierta vegetal o un aproximado de 110 arbustos o 30 árboles, para absorber del aire el CO<sub>2</sub> que una persona al año consume o respira. Si bien es cierto que los techos verdes no van a eliminar la contaminación total de las ciudades, estos contribuyen a mejorar la calidad del aire y por lo tanto la salud de las personas. Es por ello que su aplicación requiere de una implementación a nivel macro, es decir a mayor cantidad de techos verdes en las ciudades, mayor será la contribución en la reducción de la contaminación. Estas áreas verdes en las ciudades, permitirán un cambio a través de la creación de pulmones verdes que brindan oxígeno y su vez funcionan como sumideros de carbono.

- **Valor funcional que mejora las visuales del entorno**

Al embellecer e incorporar en las edificaciones áreas con vegetación sobre las cubiertas, no sólo se mejora el acabado y la estética de la misma edificación, sino también se brinda una mejor visual para aquellas edificaciones de su alrededor. Esto implica un valor monetario adicional para la propiedad.

- **Mejora la productividad de los trabajadores y su clima laboral**



Un espacio con vegetación sirve de esparcimiento o descanso, mejora siempre el ánimo y la salud de las personas, contribuyendo a una mayor integración y mejor clima laboral en las empresas (Fig. 34). Así también, de acuerdo a investigaciones realizadas en el Reino Unido, se ha comprobado que se logra una mejora en la concentración y creatividad de las personas, repercutiendo esto en una mayor eficiencia laboral y menor tasa de ausentismo.

Fig. 34. Espacios integradores. Fuente: Portal Web [agritecture.com](http://agritecture.com)

○ **Aislamiento del ruido**

Lima, es una ciudad bastante transitada y gran parte del ruido proviene del parque automotor, desde tempranas horas hasta el cierre del día laboral, es decir desde las 7:00 am hasta las 9:00 pm. Según la OEFA, se superan los límites sonoros máximos permitidos en muchos distritos, lo cual genera incomodidad sobre todo cerca a centros laborales, de salud, educativos, así como en zonas residenciales (Tabla 7). Este problema, difícil de controlar y fiscalizar puede ser mitigado también con la aplicación de techos verdes en las cubiertas, sobre todo en edificaciones de pocos niveles. El aislamiento acústico dependerá del espesor del sustrato colocado. A mayor espesor de sustrato, mejor será el aislamiento. Un techo verde puede llegar a reducir la propagación del sonido en 3 dB y lograr un aislamiento acústico hasta 8 dB. Un ejemplo de ello son los resultados obtenidos por Dunnett & Kingsbury, quienes identificaron que la cubierta verde instalada en el Aeropuerto de Frankfurt, lograba disminuir 5 dB de ruido con un espesor de sustrato de 10 cm, lo cual representa para el oído humano un 25% más silencioso.

| <b>ZONAS DE APLICACIÓN<br/>Y LÍMITES PERMITIDOS</b> | <b>HORARIO DIURNO<br/>(07:01 - 22:00)</b> | <b>HORARIO NOCTURNO<br/>(22:01 - 07:00)</b> |
|---|---|---|
| Zona de protección                                  | 50 dB                                     | 40 dB                                       |
| Zona residencial                                    | 60 dB                                     | 50 dB                                       |
| Zona comercial                                      | 70 dB                                     | 60 dB                                       |
| Zona industrial                                     | 80 dB                                     | 70 dB                                       |

Tabla 7. Límite permitido de contaminación sonora.

Fuente: OEFA

○ **Medio de cultivo, producción y autoconsumo de alimentos**

Los techos verdes pueden ser utilizados en una parte o en toda la superficie de las azoteas, pudiendo ser de tipo extensiva, semi-intensiva o intensiva, es decir a elección del cliente, sus necesidades y de la capacidad que ofrece la edificación, se eligen distintos tipos de vegetación y distintos sustratos. En el caso de escoger un huerto urbano, se logra convertir a la azotea de una edificación, en un medio de cultivo de hortalizas, legumbres, verduras, frutas entre otros, que favorecen el autoconsumo y a su vez el ahorro de las personas o empresas que funcionan. Mediante esta opción, hoy en día, diversos restaurantes, hoteles, viviendas, entre otros tienen la posibilidad de llevar los alimentos de sus huertas a la mesa. Este aspecto se torna sumamente importante en la actual coyuntura, donde por efectos de la pandemia y de la recesión económica, la escasez de alimentos e incremento en los precios, ha puesto en mayor valor, el interés de las personas por desarrollar este tipo actividades. Para ello los requerimientos son pocos, ya que, por su versatilidad, pueden ser colocados en áreas pequeñas como balcones o grandes como azoteas, convirtiéndose así en potenciales medios de cultivo que brindan la oportunidad de devolver a la tierra, lo que en algún momento se le quitó al edificar sobre aquel terreno.

### 3.2.5.3. Beneficios Medioambientales

#### ○ Techos verdes para reducir el efecto "Isla de Calor"

Se entiende por efecto Isla de Calor Urbano (ICU), a la mayor temperatura que registran las zonas urbanas (entre +4°C y +10°C), a causa de las superficies pavimentadas, edificaciones y ausencia de espacios verdes, en comparación a las zonas suburbanas, periferias o campo, dónde la temperatura no sufre alteraciones, tal como se aprecia en la proyección (Fig. 35). Esto se produce principalmente por dos factores. Uno de ellos, trata acerca de los elementos que calientan el aire en los núcleos urbanos, como los automóviles que además de emitir calor, condensan el flujo del aire con sus emisiones. Otro factor igual de importante y donde un arquitecto tiene mayor influencia, son los materiales con los que se construyen las edificaciones, carreteras y por lo tanto las ciudades. Por esta razón, al utilizarse materiales oscuros como el hormigón, asfalto, se contribuye directamente a generar una sensación de calor mayor, en comparación con materiales más claros en las envolventes de las edificaciones. La elección de techos verdes, ejerce un mayor rechazo del calor, al tener un albedo mayor y por ende contribuyen con la reducción del efecto isla de calor. Un material con mayor SRI, tiene mayor albedo y genera menor ganancia de calor al interior de las edificaciones (Fig. 36).

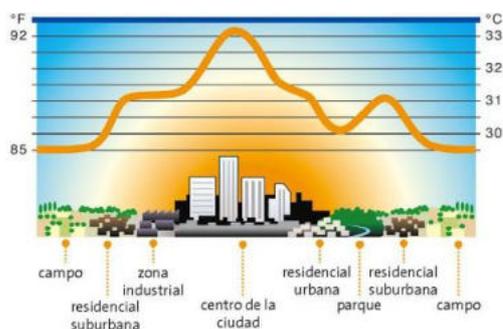


Fig. 35. Efecto Isla de Calor. Fuente: BBC

Fig. 36. Albedo o porcentaje reflejado. Fuente: Portal meteorologiaenred.com

Los dos factores mencionados afectan la salud de las personas y causan entre otros males un mayor estrés. El contar con vegetación sobre las cubiertas, permite que se capten los contaminantes y se contribuya a mitigar el calor hasta en 5°C, disminuyendo el ICU, gracias a la evapotranspiración de las hojas cuando pierden agua en forma de vapor. Un claro ejemplo, es el Ficus, que llega a perder hasta 200 ml de agua por hora. Conocer las características de las especies vegetales que se colocarán en un techo verde, es muy importante para reducir el efecto isla de calor.

#### ○ Favorece la biodiversidad

Los techos verdes colaboran con la protección y restauración del hábitat a fin de devolver el equilibrio y la biodiversidad perdidas a raíz de la construcción de edificaciones, sobre un terreno natural. De esta manera, el ciclo ecológico entre los seres vivos, el suelo, el agua y el aire es restablecido. Gracias a la biodiversidad de las especies tanto vegetales como animales, se obtiene el oxígeno, alimentos y materias primas necesarias para la vida humana y se crean atractivos paisajes en las ciudades, al disminuir el factor concreto.

- **Captación y purificación del agua pluvial**

Los techos verdes cumplen una función muy importante en una edificación ya que no sólo purifican el agua de lluvia que reciben, sino que también permiten volverla a utilizar. La importancia de captarla, almacenarla y reutilizarla para cubrir las necesidades de los aparatos sanitarios, regadíos o limpieza, cumple un rol importante para una edificación, que busca ahorros, así como ser sostenible en el tiempo a través del uso eficiente del recurso hídrico. Para que este sistema funcione correctamente, se debe contar con una doble tubería, una para las aguas grises y otra para el agua potable (Fig. 37). Si bien esto incrementa el costo inicial, se podrá ver luego un retorno que compensa y sobrepasa dicha inversión. El agua pluvial trae consigo minerales que enriquecen el sustrato al quedarse. Estos son por ejemplo el plomo, cobre, cadmio y en menor medida, el zinc y el nitrógeno.

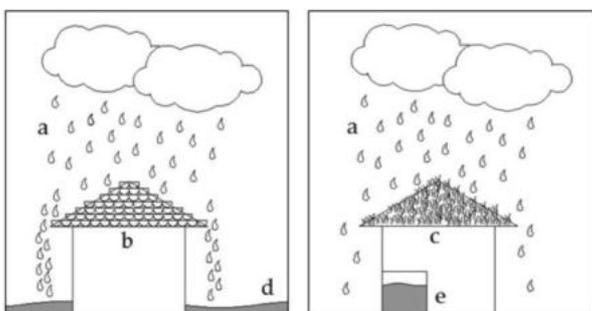


Fig. 37. Comportamiento de techos tradicionales (izquierda) vs. techos verdes (derecha) frente a las lluvias. Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

En Lima, el edificio Leuro, ha logrado importantes ahorros, al reducir en un 39% su consumo de agua potable. En este proyecto, se implementaron dobles tuberías, así como una planta de tratamiento de agua residual in-situ, que permite almacenar las aguas grises del proyecto para luego reutilizarlas de manera eficiente.

- **Regulación de la humedad y temperatura**

En relación a las plantas, se pueden mencionar que son 3 sus principales funciones. Por un lado, favorecen la reducción de las variaciones de humedad, ya que son capaces de aumentar la humedad relativa, al producirse la evaporación del agua que contienen en sus hojas. Por ejemplo, en un huerto de 1 ha., se pueden llegar a evaporar hasta 1 500 m<sup>3</sup> de agua durante un día caluroso.

Por otro lado, tienen la capacidad para disminuir la humedad del aire, lo cual se da cuando se condensa el vapor de agua en forma de gotas durante las primeras horas del día y luego descienden al terreno natural. A esto se le conoce como el rocío, que se aprecia por las mañanas, y así logran las plantas recuperar su calor, disminuyendo la humedad. En cuanto a su tercera función, también son capaces de funcionar como reguladores de temperatura, proceso que se da a través de la evaporación y la condensación del agua. En el primer caso, se produce una disminución de temperatura, mientras que, en el segundo, un aumento de la misma.

### 3.3. APLICACIÓN DE LOS TECHOS VERDES EN LIMA

Como lo señala la OMS y el Índice de Ciudades Verdes de América Latina, se aprecia en Lima un crecimiento desproporcionado, al registrarse una reducida cantidad de áreas verdes con respecto a las áreas construidas. Los techos verdes forman parte del área verde urbana, la cual se entiende, según palabras de INAPMAS: “Toda superficie de dominio público o privado, incluida o relacionada íntimamente con el área urbana, y que está destinada a ser ocupada por diferentes formas de vegetales, constituyendo un ámbito propicio para la generación de influencias al hábitat urbano, a través de su disfrute directo o indirecto” (INAPMAS, 1998).



Fig. 38. Cubierta vegetal. Fuente: Portal Web Archtends

La idea es tener un crecimiento proporcionalmente mayor de áreas verdes, en relación al crecimiento poblacional y a las construcciones de Lima, con la finalidad de ir reduciendo el déficit de áreas verdes que se registra actualmente. La reducción de este déficit es muy importante, no sólo si se quiere mejorar la estética de “Lima, la ciudad gris”, sino también para mejorar los elevados niveles de contaminación ambiental que existen y por consiguiente mejorar la calidad de aire y la calidad de vida de los habitantes. De tener Lima una mayor proporción de áreas verdes a través de la implementación de techos verdes, como pulmones ecológicos, se estaría compensando y reduciendo el margen que origina el continuo aumento de población vs la relación de  $m^2/hab.$  de áreas verdes señalado por la OMS. De continuar así, sin mayor gestión, en lugar de acercarnos a lo aceptable de  $9 m^2/hab.$ , nos estaríamos alejando cada vez más del ratio aceptado.

En Lima, la implementación del techo verde aún es un tema de estética, al pretender sustituir un techo utilizado como depósito de objetos en desuso, desordenados, sin mayor utilidad ni mantenimiento, por un techo ordenado y con vegetación, que permita ser utilizado como un espacio más del inmueble (Fig. 38). Generar confianza en este nuevo sistema, es fundamental para que consolide en el mercado. Para lograrlo, es necesario comunicar las bondades de los techos verdes, ya que el desconocimiento, la desinformación, los mitos o miedos de emplear un sistema nuevo en el Perú, ha impedido su difusión y ejecución. De esta manera, creando conciencia y generando demanda por parte del sector privado, se irán resolviendo las actuales interrogantes que se plantean las personas: ¿será mucho peso para el techo?, ¿se filtrará la humedad?, ¿se dañarán las estructuras?, ¿representará algún peligro?, ¿el techo debe contar con características especiales?, ¿es muy costoso?, ¿su mantenimiento es complejo?

Actualmente en Lima, son muy pocas las personas e inversionistas que conocen los diversos beneficios que trae consigo este sistema, de allí que es necesario informar, difundir y promover su utilización, a fin de cambiar la idea de que sólo es un tema estético,

cuando su mayor importancia recae en su propuesta de triple valor. Con ello se hace referencia a los beneficios económicos, sociales y ambientales que se han comprobado trae consigo, sobre todo al tener en cuenta que Lima, es una de las ciudades más contaminadas de Latinoamérica y del mundo. En Lima, las primeras iniciativas se dieron en el año 2012 y luego de 3 años, se alcanzaron aproximadamente 300 techos verdes, tanto en edificios comerciales como en viviendas. Muchos distritos actualmente ya promueven su implementación, ofreciendo incentivos como descuentos en servicios públicos e impuestos, en el caso de tratarse de personas naturales. Así también se beneficia a las inmobiliarias y constructoras, con un incremento en m<sup>2</sup> de construcción o autorizaciones de mayores niveles en los proyectos.

Para entender la aplicación de los techos verdes, se realiza el estudio demográfico y climático de la ciudad de Lima, para verificar su viabilidad, así como el estado actual de las azoteas de la ciudad, para dimensionar el problema. Finalmente se describen los incentivos actuales para la realización de los techos verdes.

### 3.3.1. Características de Lima

El Departamento de Lima, se encuentra situado en la costa central del Perú, a orillas del Océano Pacífico (Fig. 39). Está conformado por 10 Provincias más la Provincia Constitucional del Callao. Entre ellas destaca Lima Metropolitana, capital de la República del Perú. Es la de mayor extensión, la ciudad más poblada del país y se le considera como el principal centro político, financiero, comercial y cultural (Fig. 40).



Fig. 39. Fotografía Aérea de la Ciudad de Lima Metropolitana. Fuente: ASCOA

Fig. 40. Departamento de Lima, Perú. Fuente: Portal web viajaraperu.com

Con la finalidad de lograr una mejor gestión territorial, la Municipalidad de Lima Metropolitana, ejerce competencias de Gobierno Local y de Gobierno Regional (Fig. 41). Con ello se hace referencia, a que Lima es una región dividida en cuatro centros: Lima Norte, Lima Centro (conformada por Lima Centro Antigua y Lima Moderna), Lima Sur y Lima Este, los cuales se caracterizan por mostrar realidades distintas, que repercuten de diferentes maneras en los niveles de contaminación ambiental que muestra Lima (Fig. 42).

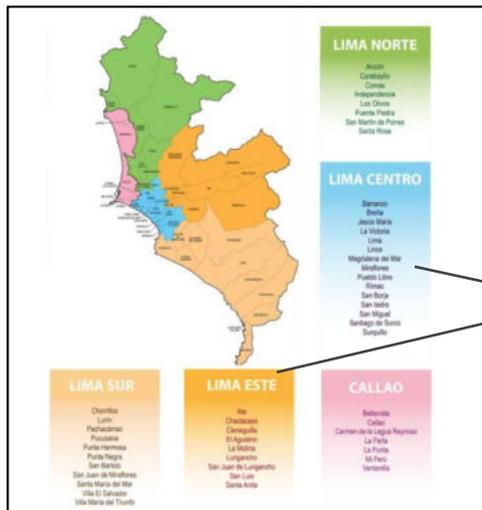
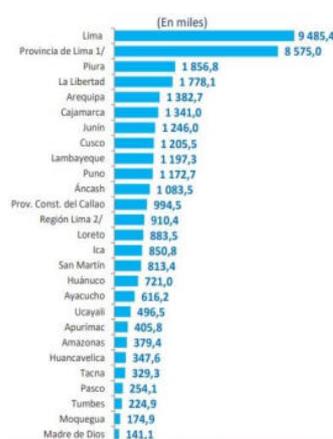


Fig. 41. Distritos de Lima Metropolitana. Fuente: INEI, SINEACE

Fig. 42. Mapa distrital de la pobreza en Lima. Fuente: INEI, Diario "El Comercio"

A nivel internacional, Lima Metropolitana es una de las 5 ciudades más pobladas de Latinoamérica y una de las 30 más pobladas a nivel mundial, clasificándose, así como una Ciudad Global de clase beta. Lima, se distribuye en 43 distritos y son 12, los que pertenecen a Lima Moderna. Cabe señalar que cada distrito está bajo la tutela de un Alcalde, quienes a su vez están bajo el control del Alcalde Metropolitano de Lima.



La extensión territorial de Lima Metropolitana es de 2,664.67 km<sup>2</sup>, lo que equivale aproximadamente a un 0.20% del territorio nacional y cubre a una población aproximada de 9 millones de habitantes, convirtiéndose así en una megaciudad. Esta cifra representa el 30% del total de la población peruana aproximadamente, evidenciando así la gran concentración de población que hay en la capital, originada principalmente por las migraciones internas ocurridas desde 1940 (Fig. 43).

Fig. 43. Concentración poblacional de Lima. Fuente: INEI 2017

Como se observa, la densidad poblacional de Lima al año 2017 es de 3 218 hab/km<sup>2</sup>, cifra que muestra una gran diferencia con respecto a las densidades poblacionales de las demás ciudades y departamentos del Perú, donde predominan las áreas naturales y donde los niveles de contaminación ambiental son por menores (Fig. 44). Las cifras mostradas, corresponden a información recogida del año 2017, ya que es la última fecha que muestra datos oficiales y homogéneos en distintos aspectos, lo que permite contrastarlos y lograr un análisis más consistente.

Si bien los cuatro centros mencionados de Lima, conforman un público interesante para la aplicación de techos verdes, es Lima Centro y en especial los distritos de Lima Moderna, donde se concentran los segmentos económicos de mayor poder adquisitivo, que se caracterizan por su formalidad y continuas mejoras en temas de construcción.

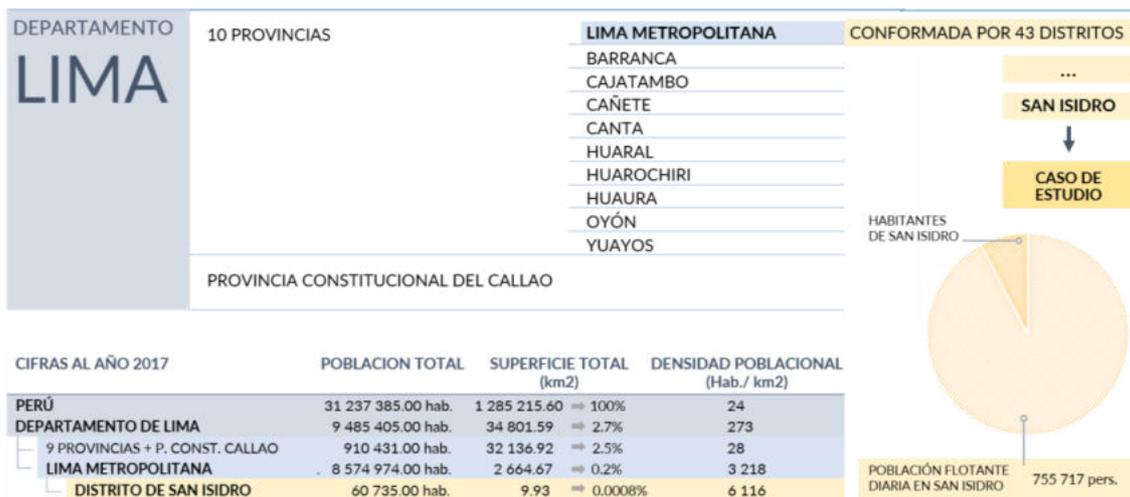


Fig. 44. Conformación de Lima Metropolitana. Fuente: Cifras recogidas del Compendio Nacional Estadístico 2019 – Elaboración Propia de la gráfica

Tal como se aprecia en la tabla, el 77% de los habitantes de Lima Moderna, pertenecen al segmento AB, es decir cuentan con los mayores niveles de ingresos, lo cual evidencia un público que podría estar dispuesto a generar una importante demanda (Tabla 8).

| Zonas                           | Distritos   | Población       |               | Estructura socioeconómica (% horizontal) |             |             |            |
|---------------------------------|---|-----------------|---------------|--|-------------|-------------|------------|
|                                 |   | Miles           | % sobre total | AB                                       | C           | D           | E          |
| LIMA NORTE                      | Carabaylo, Comas, Independencia, Los Olivos, Puente Piedra, San Martín de Porres  | 2,627.6         | 24.8          | 22.9                                     | 44.1        | 27.6        | 5.4        |
| LIMA CENTRO                     | Breña, La Victoria, Lima, Rimac, San Luis   | 828.4           | 7.8           | 33.1                                     | 43.3        | 20.2        | 3.5        |
| <b>LIMA MODERNA</b>             | Barranco, Jesús María, La Molina, Lince, Magdalena del Mar, Miraflores, Pueblo Libre, San Borja, San Isidro, San Miguel, Santiago de Surco, Surquillo | <b>1,416.0</b>  | <b>13.4</b>   | <b>76.8</b>                              | 17.4        | 4.5         | 1.3        |
| LIMA ESTE                       | Ate, Chaclacayo, Cieneguilla, El Agustino, Lurigancho, San Juan de Lurigancho, Santa Anita  | 2,616.4         | 24.7          | 17.7                                     | 45.7        | 29.6        | 7.0        |
| LIMA SUR                        | Chorrillos, Lurín, Pachacamac, San Juan de Miraflores, Villa el Salvador, Villa María del Triunfo   | 1,839.8         | 17.4          | 13.3                                     | 53.4        | 27.4        | 5.9        |
| CALLAO                          | Bellavista, Callao, Carmen de la Legua Reynoso, La Perla, La Punta, Mi Perú, Ventanilla   | 1,100.4         | 10.4          | 21.7                                     | 45.9        | 23.6        | 8.8        |
| BALNEARIOS                      | Ancón, Pucusana, Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, Santa María del Mar, Santa Rosa   | 152.4           | 1.4           | 9.7                                      | 39.9        | 37.7        | 12.7       |
| <b>TOTAL LIMA METROPOLITANA</b> |   | <b>10,580.9</b> | <b>100.0</b>  | <b>27.7</b>                              | <b>42.6</b> | <b>24.1</b> | <b>5.6</b> |

Tabla 8. Zonas de Lima y estructura socioeconómica. Fuente: Dep. de Estadística

Cabe mencionar que, en estos distritos se han concentrado durante los últimos años, importantes inversiones por parte del Sector Privado. Con ello se hace referencia, al notorio desarrollo residencial, financiero y comercial que presentan los distritos de Lima Moderna en términos de infraestructura urbana, a diferencia de sus periferias, donde el nivel de desarrollo registrado apunta a zonas equipadas con centros industriales o viviendas, que se han ido aglomerando como resultado de distintas fases de migración e invasiones. En estas periferias, se registra una mayor inversión por parte del Sector Público, es decir por cuenta del Estado, las cuales están relacionadas con la infraestructura vial y aquella que proporciona servicios básicos como luz, agua y desagüe, que apuntan a mejorar las condiciones de vida de aquellos habitantes.

Según CAPECO, en Lima, aproximadamente sólo un 30% de las construcciones son formales y podrían estar orientadas a considerar principios sostenibles, al apreciar el valor agregado que traen consigo. La informalidad representa un gran porcentaje (70%), lo que significa un alto riesgo, el que se verá incrementado en el caso de considerar en las edificaciones, la implementación de techos verdes que conllevan un trabajo especializado. Como afirma preocupadamente Felipe García Bedoya, ex director de CAPECO en Lima: “Hoy vemos el abuso del ladrillo pandereta como si fuera estructural, cuando en realidad sólo se debe usar para tabiquerías. No está hecho para soportar una edificación” (Maestro, construye bien, 2018). Es oportuno y responsable añadir, que previamente a una instalación de techos verdes, se debe llevar a cabo siempre una revisión y/o reforzamiento de las estructuras del inmueble a fin de que se encuentren preparadas para soportar estas nuevas cargas.



Fig. 45. Viviendas informales en las periferias, Lima. Fuente: RRP Noticias

Adicionalmente, a lo comentado en las periferias la informalidad en la construcción alcanza hasta un 90%, según el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas (CISMID), cifra que incrementa aún más el riesgo, sobre todo al ser Lima una zona altamente sísmica, por encontrarse situada en el Cinturón de Fuego del Pacífico (Fig. 45).

Es por estos motivos, que se fortalecen las razones para centrar la atención del presente estudio en Lima Moderna, no sólo por tratarse de un segmento de mercado con capacidad adquisitiva media-alta, sino también por estar constituido de construcciones formales, donde la implementación de techos será vista como una inversión que mejora la calidad de vida de sus habitantes (Fig. 46). Su consideración contribuye a su vez con el cuidado del medio ambiente, como lo señala el investigador Carlos Prego del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), al decir que “La mera presencia de espacios verdes urbanos en las ciudades constituye uno de los aspectos empleados hoy en día para medir el grado de calidad de vida de los ciudadanos” (Mejía, 2018).



Fig. 46. Viviendas formales de Lima Moderna. Fuente: Portales Inmobiliarios

### 3.3.1.1. El Clima

La ciudad de Lima Metropolitana tiene un clima muy particular, ya que goza de singulares características climáticas, que han sido determinadas por su ubicación geográfica. La cercanía de Lima con respecto al Océano Pacífico, la influencia que tienen las aguas frías provenientes de la Antártida, conocidas también como la Corriente de Humboldt, la presencia de la Cordillera de los Andes y la relación de clima tropical que muestra al encontrarse cerca de la Línea Ecuatorial, convierten al clima de esta ciudad en una interesante combinación de carácter desértico, fresco y a la vez muy húmedo durante todo el año. No se registran temperaturas extremas ni de calor ni de frío, pudiendo llegar a un máximo de 26 °C en verano y un mínimo de 14 °C en invierno. Son estas dos estaciones muy marcadas y las que prevalecen durante todo el año.

Características muy resaltantes y que diferencian a Lima de otras ciudades, son sus cielos nublados y la casi nula presencia de precipitaciones, convirtiéndola así en uno de los sitios más secos del mundo y la segunda ciudad más grande del mundo emplazada en un desierto después de El Cairo, Egipto (Fig. 47). Estas últimas características no perjudican el abastecimiento de agua en los hogares, al contar Lima como base de suministro, enormes reservorios que reciben las lluvias que caen en la Serranía Peruana y que al desembocar en el Río Rímac proveen de agua potable a sus habitantes y tierras agrícolas. Así también recibe agua del Río Mantaro, que pertenece a la cuenca del Río Amazonas, conocido como el río más largo del mundo.



Fig. 47. Humedad de Lima - Invierno. Fuente: Diario Perú 21

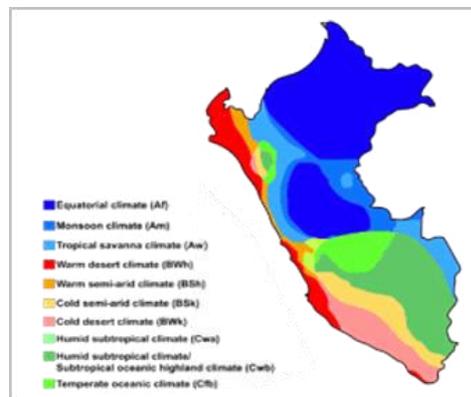


Fig. 48. Clasificación climática según Köppen. Fuente: Worlds Maps of Köppen

Lima, dentro de las clasificaciones climáticas de Köppen-Geiger se cataloga como BWh. Se registra un clima de desierto y estepas tropicales, que pertenecen a latitudes entre 15° y 45° N/S (Fig. 48). Así también se cumple con la categoría de clima seco, temperaturas medias anual superior a 18°C y precipitaciones menores a 400 mm, confirmándose que las características mencionadas por el sistema coinciden con la realidad.

## Factores Climáticos

### ○ Latitud

Lima se ubica en el Hemisferio Sur, en la parte central y occidental del Perú.

Latitud: 11°45' 00" - 12°24' 00" Sur

Longitud: 76°40' 00" - 77°10' 00" Oeste



Fig. 49. Lima y su presencia en el litoral peruano. Fuente: Diario Perú 21

### ○ Continentalidad y presencia del mar

Al ser una localidad costera Lima registra una humedad alta. No presenta climas extremos y es la acción de la energía solar sobre el mar, la que regula el clima. Debido a la presencia de la Corriente de Humboldt, del mar provienen fríos vientos, que soplan sobre la costa de Lima, volviéndola más fresca.

### ○ Altitud y relieve

Al estar Lima conformada por 2 regiones distintas como son la costa y parte de la sierra, así como por 43 distritos muy diferentes entre sí, es que presenta un rango de altitud que va desde el nivel del mar, es decir de 0 msnm hasta los 861 msnm. Podemos encontrar distritos frente al mar que se caracterizan por ser más húmedos y fríos, así como distritos secos y calurosos que se encuentran más próximos a la zona de sierra.

### ○ Superficie de la tierra

Considerando la capacidad que tienen las superficies de reflejar energía, se puede mencionar que Lima registra un alto porcentaje de construcciones, zonas pavimentadas, grandes tramos de carreteras con asfalto y pocas áreas verdes, lo que determina en promedio, un albedo bajo para Lima, indicando así que el aumento de temperatura a raíz de que gran cantidad de energía es absorbida a través de estas superficies y no reflejadas.

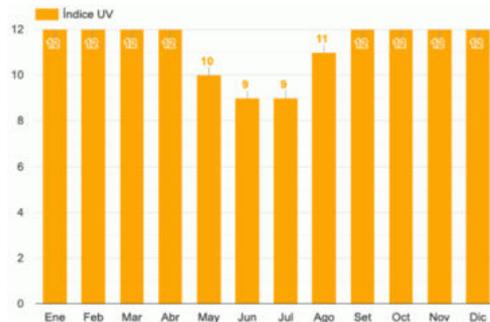


Fig. 50. Paisajes y microclimas en Lima. Fuente: Recopilación de archivo propio

## Elementos Climáticos

### o Radiación Solar

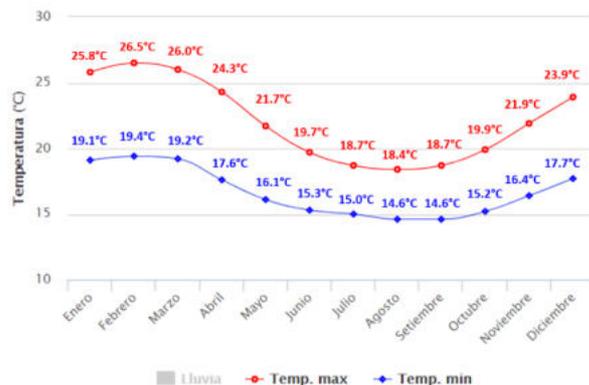
Según SENAHMI, la radiación registrada en Lima es muy alta, al ser 11 su promedio anual. Esta es causada principalmente por la contaminación ambiental, que debilita la capa de ozono en 1% al año (Fig. 51). Cabe señalar que el ozono, es el gas encargado de amortiguar el paso directo de los rayos UV. Así también su cercanía con respecto a la zona ecuatorial, influye en la manera como caen los rayos UV sobre el territorio perpendicularmente.



El recorrido solar en Lima va de Este a Oeste, y es del Norte de donde proviene la luz natural buena, es decir la que se debe de aprovechar. La duración de la presencia solar es menor durante los meses de Junio y Julio, conforme se acerca el verano, es decir diciembre, enero, febrero, va aumentando la duración del recorrido solar.

Fig. 51. Radiación UV en Lima. Fuente: SENAHMI / Portal web weather-atlas.com

### o Temperatura media anual / Temperatura media máxima y mínima anual



De acuerdo a lo mostrado en la gráfica, Lima registra una temperatura media anual de 19.4 °C (Fig. 52).

- Se observa que la temperatura media máxima anual, se alcanza en el mes de Febrero, llegando a 26.5°C (la más alta).
- La temperatura media mínima anual, se alcanza durante Agosto y Setiembre, llegando hasta los 14.6°C (la más baja).

Fig. 52. Temperatura de Lima. Fuente: Portal Web weather-atlas.com

Tomando como muestra un día del mes de Mayo, se observa que la diferencia en un día entre la temperatura más alta y más baja es de 3°C, mostrando que la oscilación térmica es baja, característica de un clima desértico costero (Fig. 53).



Fig. 53. Oscilación térmica en Lima. Fuente: Portal Web meteored.pe

## ○ Humedad

Como se puede apreciar en la gráfica, en Lima la humedad relativa es muy elevada, es decir el aire está saturado de humedad, llegando a superar siempre el 70% en promedio, porcentaje considerado como tope para mantener el nivel de confort de las personas (Fig. 54). Los meses que registran mayor humedad son Mayo, Junio y Julio, donde el rango varía entre 87% y 100% (Fig. 55).



Según SENAHMI, en el 2019 se registró la mayor humedad de los últimos 50 años. “La alta concentración de humedad en este invierno influye en el incremento de la sensación térmica de frío, por lo que la población percibe un enfriamiento de hasta 3° C menos respecto a los valores reales” (Gestión, s.f.).

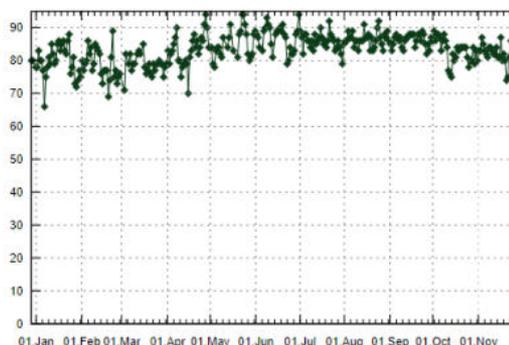


Fig. 54. Pérdidas del confort en Lima. Fuente: Diario Gestión

Fig. 55. Humedad de Lima. Fuente: Portal Web de [weatheronline.co.uk](http://weatheronline.co.uk)

## ○ Nubosidad

Lima amanece normalmente nublado y esto se debe a que las nubes que se forman en la Sierra Occidental, se desplazan hacia la Costa y terminan en el mar. Cuando la nubosidad no es muy densa, se fracciona y alrededor del mediodía permite el ingreso de los rayos solares (Fig. 56). Durante los meses de verano, la nubosidad disminuye considerablemente, mientras que, en invierno y principios de primavera, es decir de Junio a Octubre, Lima se torna gris y nublada, de allí que recibe el apelativo de “Lima, la gris”.



Fig. 56. Contraste de Lima, la gris. Fuente: Diario Gestión, Portal TripAdvisor

## ○ Pluviosidad

La pluviosidad registrada en Lima según SENAHMI, llega apenas a los 0.90 - 1.00 mm anuales, siendo así una de las cifras más bajas registradas en el mundo dentro de un área metropolitana, motivo por el cual se le considera al clima de Lima como desértico.

## Fenómenos Meteorológicos

### ○ Lluvia

Lima es conocida como una ciudad donde no llueve, tal como se aprecia en la gráfica adjunta donde el promedio de sus precipitaciones no supera el 1 mm anual (Fig. 57). A este tipo de lluvias se le clasifica como lluvia débil, al estar en el rango de 0 a 2 mm y comúnmente se le llama garúa, por ser un goteo finito y muy persistente.

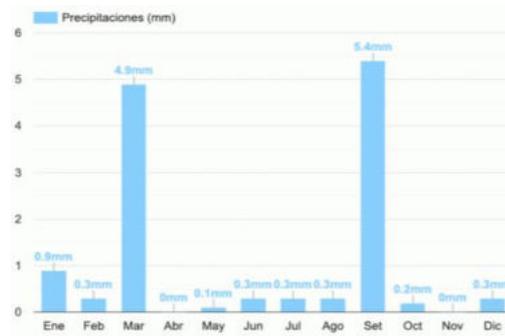


Fig. 57. Precipitación media en Lima. Fuente: Portal Web portal weather-atlas.com

### ○ Viento

En Lima, la dirección de los vientos predominantes, vienen en gran parte del Sur, como se puede apreciar en la gráfica adjunta (Fig. 58). En cuanto a la velocidad del viento, se puede mencionar que en promedio se registra 13.5 km/h, una velocidad considerada como moderada. El mayor promedio se registra en Setiembre con una velocidad de 15.4 km/h.

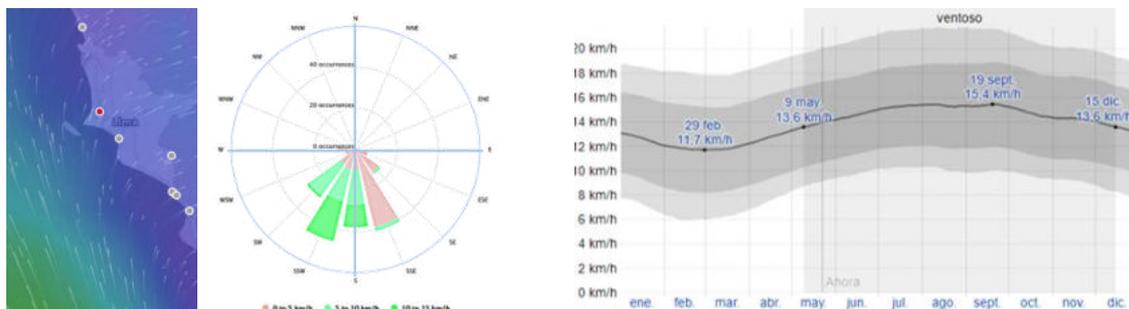


Fig. 58. Dirección y velocidad del viento. Fuente: SENAEMI / weather-atlas.com

### ○ Rocío

Se conoce al rocío como la temperatura de condensación del vapor de agua. Su formación depende del cambio brusco de temperaturas y de la humedad relativa. En Lima el aire está normalmente saturado de humedad, por lo que la capacidad que tiene el aire de guardar el vapor de agua se va disminuyendo y termina condensándose en diversas superficies. Cabe señalar que el aire se satura cuando llega a un 100% de humedad, lo cual ocurre frecuentemente en Lima durante las madrugadas donde se alcanzan las temperaturas más bajas, sin embargo, el rocío nunca llega a escarcharse.

### 3.3.1.2. La contaminación ambiental

Como se ha apreciado en los últimos años, uno de los principales problemas que enfrentamos, es la contaminación ambiental, la cual revela la presencia en el aire de partículas nocivas que causan daños e implican riesgos para el hombre, flora y fauna (Fig. 59). Como efecto del calentamiento global, se han presentado diversos fenómenos en el mundo, como son los incendios forestales, producto de una reacción química del CO<sub>2</sub> y el aumento de calor.



Fig. 59. Las emisiones derivadas de la Amazonía en llamas. Fuente: Deutsche Welle

En ciudades como Lima, que concentran gran cantidad de población y que aún se encuentran en vías de desarrollo, se registran en la actualidad, niveles de contaminación ambiental muy por encima de lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA), que son determinados por el Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM) quien se encarga de fijar los valores máximos permitidos de contaminantes. No se deben exceder los 400 ppm.

Cabe señalar que el encargado de monitorear la Calidad del Aire en Lima, es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el cual cuenta para tal fin con 10 estaciones fijas de monitoreo. Relacionado a este tema, la OMS presenta también las Guías de Calidad del Aire (GCA), donde se encuentra información acerca de la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire y sus consecuencias sobre la salud de las personas, así como los valores guías establecidos para los dos tipos de contaminantes más comunes del aire: las Partículas y los Gases, conformados respectivamente por Material Particulado (PM) y gases como Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y el Benzopireno (BaP). Si bien estas emisiones se producen de distintas formas, se consideran igualmente perjudiciales y tóxicas para las personas que se exponen durante periodos largos y sobre todo durante niveles considerados como elevados. A la generación de estos gases, se le considera entonces como el principal responsable de que el aire se encuentre contaminado (Tabla 9) (Fig. 60).

Son dos los contaminantes que forman parte del sistema de medición más utilizado en el control de Calidad del Aire y con el cual se realizan diversos informes y comparaciones en distintas partes del mundo. Así se hace referencia al Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>.

| Contaminante  | Descripción  |
|---|--|
| Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )   | Partículas suspendidas en el aire que afectan el sistema respiratorio y cardiovascular.                      |
| Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM <sub>2,5</sub> ) | Partículas suspendidas en el aire que afectan el sistema respiratorio y cardiovascular.                      |
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )                                      | Gas pesado producido principalmente por la quema de combustibles. Puede producir enfermedades respiratorias. |
| Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )                                   | Gas producido principalmente por plantas industriales y parque automotor. Genera smog y lluvia ácida.        |

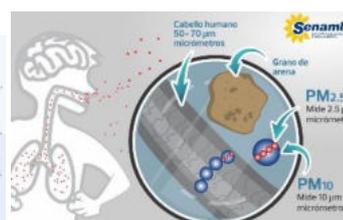


Tabla 9. Tipos de contaminantes en Lima. Fuente: Lima ¿Cómo vamos? 2017

Fig. 60. Calidad del Aire y características del Material Particulado. Fuente: SENAMHI

Según la OMS, el PM<sub>10</sub> está conformado por partículas gruesas, es decir por aquellas que presentan un tamaño entre 2,5µ y 10µ y que provienen de la suspensión del polvo por ejemplo de caminos no asfaltados, de procesos mecánicos y de obras de construcción.

Por otro lado, el PM<sub>2,5</sub> representa a las partículas finas, cuyo tamaño es menor de 2,5µ (microgramos por metro cúbico) y que provienen de fuentes de combustión por ejemplo de biomasa u otros combustibles fósiles. Cabe mencionar que estas partículas son más tóxicas y sus efectos son más severos que las de mayor tamaño (PM<sub>10</sub>), ya que estas se introducen en el aparato respiratorio fácilmente, llegando a perjudicar el funcionamiento pulmonar. En el caso del PM<sub>10</sub>, su tiempo de permanencia en el aire es mayor, facilitando su transporte a través del viento. Si bien el PM<sub>10</sub> es la medida de mayor interés para los datos epidemiológicos, es el PM<sub>2,5</sub> el indicador más utilizado y en el cual basan las Guías de Calidad del Aire. Como patrón de referencia, la OMS establece que para PM<sub>2,5</sub> se debe considerar una media de 10 µg/m<sup>3</sup> para exposiciones prolongadas (medida anual) y de 25 µg/m<sup>3</sup> para exposiciones de 24 horas (Tabla 10). De ser superadas estos niveles, se considera como un alto nivel de contaminación. A continuación, se muestra una tabla de la OMS, junto con los valores máximos permitidos en relación a los 4 principales contaminantes.

| Guías               |   |
|---------------------|---|
| MP <sub>2,5</sub> : | 10 µg/m <sup>3</sup> , media anual<br>25 µg/m <sup>3</sup> , media de 24 horas          |
| MP <sub>10</sub> :  | 20 µg/m <sup>3</sup> , media anual<br>50 µg/m <sup>3</sup> , media de 24 horas          |
| O <sub>3</sub> :    | 100 µg/m <sup>3</sup> , media de ocho horas   |
| NO <sub>2</sub> :   | 40 µg/m <sup>3</sup> , media anual<br>200 µg/m <sup>3</sup> , media de una hora         |
| SO <sub>2</sub> :   | 20 µg/m <sup>3</sup> , media de 24 horas<br>500 µg/m <sup>3</sup> , media de 10 minutos |



Tabla 10. Contaminantes del Aire. Fuente: Guía de la Calidad Ambiental de la OMS

Fig. 61. Contaminación de industrias y del parque automotor. Fuente: PLANAA-PERÚ 2011-2021, Min. del Ambiente, Diario El Comercio

Lima Metropolitana muestra uno de los peores indicadores de Latinoamérica, por lo que la salud de su población está en constante riesgo, al estar en permanente exposición de contaminantes que provienen principalmente según el SENAEMI del parque automotor obsoleto y de un transporte desorganizado (Fig. 61). Adicionalmente a esto, se encuentran fuentes puntuales como el sector industrial y otras fuentes como el sector comercio y servicios. Las altas concentraciones de Material Particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) que se presentan, se dan principalmente en los dos periodos de mayor tránsito vehicular (06:00-09:00 am y 18:00-21:00 pm), que corresponden a los horarios de ingreso y salida laboral. Según el Reporte Mundial de Calidad de Aire de Greenpeace y Air Visual, al año 2018, Lima registra una media anual de 28 µg/m<sup>3</sup> de acuerdo al parámetro PM<sub>2,5</sub> lo cual evidencia una media tres veces mayor a lo establecido como límite por la OMS de 10 µg/m<sup>3</sup>. Adicionalmente se puede mencionar que fenómenos meteorológicos como las escasas lluvias, vientos de poca velocidad y una humedad relativa superior al 70% en la mayoría de los meses del año, favorecen la concentración de contaminantes atmosféricos, haciendo de Lima una ciudad con baja calidad de aire que ocupa el veintidosavo puesto en el mundo (Fig. 62) y el octavo puesto en Latinoamérica (Fig. 63).

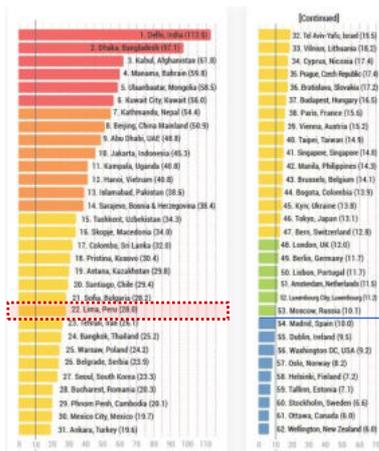


Fig. 62. Ciudades más contaminadas. Fuente: Rep. Mundial de Calidad de Aire

Fig. 63. Ciudades Latinoamericanas más contaminadas. Fuente: Rep. Mundial de Calidad de Aire

## El cambio climático

Para un mayor entendimiento del cambio climático, es importante hacer referencia en un primer lugar al efecto invernadero, el cual es un proceso natural a través del cual la atmósfera captura una proporción de calor del sol que permite al planeta tener las condiciones necesarias para albergar vida. De no albergar calor, la temperatura media del planeta sería muy baja e inhabitable. La atmósfera en sí, está compuesta por una proporción adecuada de gases, los cuales, al ser alterados e incrementados por las actividades del ser humano, provocan lo que conocemos como calentamiento global. Es decir, el cambio climático es el resultado del calentamiento global y es el aumento en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), la causante de una mayor temperatura media en el planeta, que trae consigo efectos negativos.

Algunos de estos efectos son la aparición de fenómenos meteorológicos más violentos, el derretimiento de los polos, (Fig. 64) huaycos e inundaciones, (Fig. 65) así como un mayor nivel del mar, cambios en los ecosistemas, desertificación, extinción o migración masiva de especies, acidificación de los océanos, que ocurre cuando grandes cantidades de CO<sub>2</sub> son absorbidas y terminan causando muerte y enfermedades de corales algas, peces y otros organismos submarinos.



También se puede mencionar la aparición de refugiados climáticos como un efecto en aumento y un problema social que muchos países deberán considerar, como se señala en la cita: “Esta es la primera vez que toda una generación de niños crecerá en un mundo que se ha tornado mucho más peligroso e incierto a consecuencia del clima cambiante y la degradación del medio ambiente” (UNICEF, s.f.).

Fig. 64. Fenómenos meteorológicos. Fuente: UNICEF

Fig. 65. Cambio climático. Fuente: UNICEF, MMA Colombia

Es importante mencionar que tanto la contaminación ambiental como el cambio climático tienen como origen al Modelo Energético actual, que se basa en la quema de combustibles fósiles. Es así como en diversas actividades, la energía es convertida en electricidad y en calor, aspecto que se está buscando revertir a través de una mayor utilización de energía limpia como la renovable y aspirando hacia una industria con emisiones carbono cero.

### La construcción y su impacto en el medio ambiente

Tal como se mencionó anteriormente, el Sector de la Construcción es muy importante por su contribución con el PBI del país, así como por la generación de empleos y su efecto multiplicador. Del mismo modo, es importante mencionar, que se trata de un sector responsable de aproximadamente un 40% del consumo energético y del 30% de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esto quiere decir, que se trata de un sector generador de gases de efecto invernadero, repercutiendo directamente en el calentamiento global y por consecuencia en el cambio climático. Se puede mencionar que el creciente uso de terrenos con fines de desarrollo inmobiliario, representan en la actualidad un serio problema. De acuerdo a lo señalado en el estudio The Millenium Ecosystem Assesment (MEA), financiado por las Naciones Unidas, se determinó que: “La mayor amenaza para biodiversidad, es el uso de terrenos para desarrollos inmobiliarios”. Con esto, se hace referencia, a que la industria de la construcción no se detiene, son las personas las que sustituyen terrenos naturales por edificaciones, centros comerciales, industrias, con la finalidad de crecer y poder contar con una mayor infraestructura. Mientras mayor sea la población, más construcciones se generan, lo que termina perjudicando al ecosistema y convirtiéndose así en una de sus principales amenazas.

Otro severo impacto, es el efecto negativo que se produce en la Calidad del Aire debido a materiales que liberan toxinas conocidas como COV's abreviatura de Compuestos Orgánicos Volátiles. Estos son muy perjudiciales para la salud, en el caso de la calidad del aire interior, si tomamos en cuenta que es de 2 a 5 veces más contaminado que el aire exterior y que pasamos aproximadamente el 90% de nuestro tiempo al interior de los edificios realizando algún tipo de actividad. También son perjudiciales para el aire exterior, al influir en la degradación de la capa de ozono, motivo por el cual, la disminución de sus emisiones en la atmósfera se contempla, dentro del Protocolo de Kyoto y de Montreal.

Los COV's (Fig. 66) son sustancias químicas que tienen gran facilidad para evaporarse, cuya base es el carbono y los podemos encontrar, sobre todo en aquellas industrias que involucran en sus procesos pegamentos, barnices, lacas, desengrasantes, disolventes, pinturas y aquellos materiales de construcción o productos con los que se amueblan los interiores como alfombras, mobiliario de tela, plástico, luminarias, falsos techos, conglomerados de maderas, entre otros.



Fig. 66. Presencia de COV's en los interiores. Fuente: Portal Web MontMedi

Ya que la presencia de COV's es muy importante en temas de salud, la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), publicó hace poco una actualización en la norma UNE-ISO 16000, con el fin de determinar su presencia en el aire interior.

Así también, el sector construcción es un consumidor intensivo de materiales, cuyos procesos productivos involucran grandes emisiones de CO<sub>2</sub> (Fig. 67). Es también un gran generador de residuos, al producir el 40% de los residuos sólidos existentes, ya que los materiales utilizados se convierten al final de su vida útil en escombros, es decir son pensados para ir "De la cuna a la tumba o Cradle to grave" y son muy pocos los materiales que cuentan con un concepto circular (Fig. 68). Con ello se hace referencia, al término "Cradle to Cradle", es decir ir "De la cuna a la cuna" buscando gestionar los residuos, dándoles un nuevo uso a los materiales involucrados cuando lleguen a su fin, alargándoles su vida útil y generando un impacto positivo para el medio ambiente al no haber más procesos productivos involucrados, ni emisiones nuevas de CO<sub>2</sub>.



Fig. 67. Sector de la construcción. Fuente: CAPECO

Fig. 68. Estrategias de reciclado. Fuente: Manejo de residuos de construcción, UICN

Otro impacto es la degradación de la calidad del paisaje y la alteración de los drenajes naturales, al disminuir su capacidad de infiltración en el suelo, al generarse una mayor escorrentía por la gran cantidad de zonas pavimentadas. Con ello se hace referencia al agua superficial que se contamina con bacterias, que provienen por ejemplo de las palomas, perros, ratones o que provienen de aceites, grasas de vehículos, metales pesados producidos por la industria, pesticidas, fertilizantes, entre otros, que contribuyen y aumentan el riesgo de una infiltración de agua contaminada al subsuelo. Se dice que el agua siempre entra a una edificación limpia y termina saliendo contaminada.

Se puede mencionar que otro impacto negativo, es la gran cantidad de agua que se utiliza en los procesos de construcción, así como en el lavado de la maquinaria y equipos involucrados. El agua resultante del proceso de construcción, contiene además una gran cantidad de sólidos suspendidos, aspecto que repercute en los sistemas de alcantarillado y en las plantas de tratamiento de las ciudades, dificultando por ende su filtrado.

Los impactos medioambientales señalados deberían hacernos reflexionar, a fin de generar conciencia hacia una construcción más sostenible, que contribuya con el cuidado y conservación del medio ambiente.

### 3.3.2. La Quinta Fachada: la azotea

Se podría pensar, que no hay que prestarles mayor atención a los techos, al ser espacios que las personas no ven cuando transitan por las calles. Muchas veces, son considerados como espacios residuales que no reciben la misma importancia que el resto del proyecto desde su diseño, y son espacios que terminan aportando una tonalidad gris a su entorno. El común denominador de personas considera como “fachadas”, a aquellas “caras exteriores” donde se ubican por ejemplo los accesos, se observan las ventanas, balcones, así como un tratamiento especial que distingue a la edificación del resto. Normalmente se piensa que son máximo 4, las fachadas de una edificación y que cada una corresponde a un punto cardinal, es decir que están orientadas hacia el norte, sur, este y oeste. Pero esto no es del todo cierto, ya que son los techos, “la quinta fachada” de una edificación, aquella que se encuentra olvidada, orientada al Cenit y que se le conoce comúnmente como la azotea, techo o cubierta. El término “quinta fachada” fue creado por Le Corbusier en 1926, en su manifiesto, “Cinco puntos sobre la Arquitectura Moderna”. En este señala que debe ser siempre un espacio incluido en el diseño arquitectónico, por ser un recurso valioso en términos espaciales, estéticos y funcionales. Del mismo modo, otorga a los proyectos una ventaja más, la de contar siempre con iluminación cenital. Se puede mencionar además que representa un gran potencial de diseño, al poderse convertir en un espacio agradable para disfrutar del aire libre y visuales del entorno. Permite también la oportunidad de devolver aquella porción de terreno natural que fue quitada al construir, a través de jardines, huertos urbanos o simplemente con espacios de encuentro con un singular carácter urbano y social. Como se puede apreciar en la siguiente imagen, la quinta fachada de diversas edificaciones en Lima, aún no son consideradas como parte del diseño, ni se les otorga un uso específico que contribuya al menos con su cuidado y mantenimiento (Fig. 69). Se aprecia que la gran mayoría sólo son el resultado de resoluciones técnicas, así pasando a ser espacios olvidados y descuidados por los ocupantes o residentes con el pasar de los años.



Fig. 69. Los techos de Lima Moderna. Fuente: Diario El Comercio

Como contexto es importante tener en cuenta que Lima es una ciudad que ha crecido de manera desordenada, sin un crecimiento urbano planificado, lo que ha dado lugar a una clara diferenciación entre sectores muy desarrollados y otros que han crecido de manera informal con muchas limitaciones. Adicionalmente, el hecho no contar con una continuidad de gestión entre los Gobiernos Municipales entrantes y los salientes, ha generado que los planes urbanos empezados durante un gobierno y que no se terminaron durante los

mismos, que duran 4 años, queden inconclusos, dificultando aún más un crecimiento ordenado, progresivo y generando a su vez un despilfarro de recursos. Cabe señalar que esto es un tema muy controversial ocasionado por factores políticos. Como se mencionó, Lima cuenta con algunos sectores muy organizados, donde el crecimiento se ha dado de manera sostenida, formal y donde se observan buenos niveles de inversión privada vinculados a una constante búsqueda por mejorar la calidad de vida de las personas e influir positivamente en su entorno y medio ambiente. Al grupo de distritos con estas características, se los cataloga como Lima Moderna y son por estos motivos el segmento que representa el mayor potencial, interés y capacidad por convertir estos espacios sin mayor uso, en nuevos espacios que otorguen un valor agregado a la propiedad, sean útiles y que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los usuarios.

### 3.3.2.1. Uso actual de los techos en las edificaciones existentes de Lima

Debido a que Lima es una ciudad conocida por su falta de lluvias, muchas personas han optado erróneamente por convertir sus azoteas en tendederos, depósitos de objetos que ya no sirven y que aún no están dispuestos a botar como muebles viejos, fierros, material combustible como madera, plásticos, cartones, llantas, entre otros. Se pueden también apreciar techos convertidos en almacenes de chatarra o lugares abandonados sin mantenimiento ni proyecciones, aspectos que degradan las edificaciones, sus alrededores y contaminan el medio ambiente (Fig. 70). Esto es algo que ocurre en casi todo Lima y con mayor incidencia en los barrios marginales, donde incluso se crean las denominadas “barriadas aéreas” desde hace más de 40 años.



Fig. 70. Desorden en los techos de Lima. Fuente: Empresa Gania, Diario El Comercio

Otro uso de los techos en Lima, es la colocación de antenas parabólicas y carteles publicitarios, como el famoso logo de Coca Cola sobre un edificio de la Avenida Javier Prado, que se convirtió en un hito para muchos (Fig. 71). Por otro lado, en las edificaciones más modernas, se puede apreciar que los techos se dejan vacíos o en muchas edificaciones como oficinas están invadidos desordenadamente con ductos de ventilación, equipos de aire acondicionado, cajas de ascensores y afines.

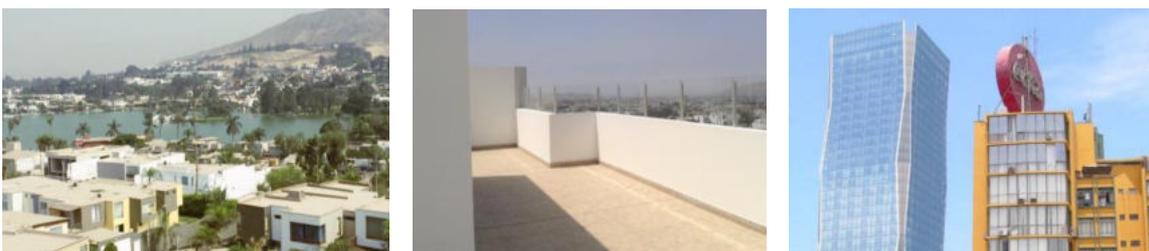


Fig. 71. Otros techos de Lima Moderna. Fuente: Mun. La Molina, Tripadvisor

Cabe señalar que, en Lima Moderna, los techos se caracterizan por ser planos, por lo cual la gran mayoría tiene una protección impermeabilizante, así como sumideros, para evitar que la escasa lluvia con la que se cuenta pueda llegar a empozarse. Algunos tienen un mejor aspecto, al haber considerado al menos un material de acabado, pero son muchos los techos que quedan sólo en cemento, otorgando un aspecto gris, sin vida. Por otro lado, son muy pocos los casos, de viviendas unifamiliares, donde se aprecian techos a dos aguas o con planos inclinados. Cabe señalar que esta elección de diseño no corresponde a las condiciones climáticas de Lima, es tan sólo un estilo arquitectónico que se puso de moda durante los años 70-80's y que tuvo gran aceptación. En ciudades de la Sierra y Selva peruana, el uso de techos inclinados si suele darse como parte de las estrategias de adaptación al medio donde se encuentran.

Desde hace algunos años, se generó conciencia acerca de este tema y con ello la Municipalidad de Lima lanzó la campaña "Techo Limpio", a través de la cual promovió la iniciativa de recoger de manera gratuita, los objetos sin uso y acumulados que sacaban los vecinos de sus azoteas con la finalidad de mejorar el aspecto de Lima (Fig. 72). Esta campaña continua hasta la fecha dada la magnitud del desorden encontrado y con la finalidad de continuar disminuyendo la contaminación ambiental de Lima.



Fig. 72. Campaña Municipal Techo Limpio. Fuente: MML

### 3.3.2.2. Una estrategia arquitectónica como alternativa de cambio

Como anteriormente se mencionó Lima, la capital del país, cuenta con una población muy grande que supera los 9 millones de habitantes, es la ciudad más poblada y la octava más contaminada de América Latina. De acuerdo a lo señalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), Lima presenta casi 6 puntos menos del mínimo recomendado de



Media establecida de Calidad de Aire (\*) 10 µg/m³

Calidad de Aire en Lima 28 µg/m³

(\*) Parámetro PM2.5 según Greenpeace & Airvisual

OMS, Nivel aceptable de Áreas verdes 9.0 m²/hab.

Áreas verdes en Lima 3.1 m²/hab.

9 m²/habitante de áreas verdes, ya que se registran tan sólo 3.1 m²/habitante, lo que representa según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que Lima está en el último lugar del Índice de Ciudades Verdes de América Latina (Fig. 73) (Tabla 11).

Fig. 73. Centro empresarial y financiero. Fuente: El Comercio

Tabla 11. Cifras de Lima. Fuente: Elaboración propia resúmenes

| Resultados generales          |                     |                  |                     |                               | Calidad del aire              |                     |                |                     |                               | Uso de la tierra y edificios  |                     |                  |                     |                               |
|-------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------------------------|
| mayor por debajo del promedio | debajo del promedio | promedio         | encima del promedio | mayor por encima del promedio | mayor por debajo del promedio | debajo del promedio | promedio       | encima del promedio | mayor por encima del promedio | mayor por debajo del promedio | debajo del promedio | promedio         | encima del promedio | mayor por encima del promedio |
| Guadalajara                   | Buenos Aires        | Medellín         | Belo Horizonte      | Curitiba                      | Bogotá                        | Guadalajara         | Belo Horizonte | Curitiba            | Lima                          | Lima                          | Medellín            | Brasilia         | Belo Horizonte      | Curitiba                      |
| Lima                          | Montevideo          | Ciudad de México | Bogotá              |                               | Lima                          | Porto Alegre        | Brasilia       |                     | Montevideo                    | Quito                         | Buenos Aires        | Bogotá           |                     |                               |
|                               |                     | Monterrey        | Brasilia            |                               | Ciudad de México              | Puebla              | Medellín       |                     |                               |                               | Curitiba            | Ciudad de México |                     |                               |
|                               |                     | Porto Alegre     | Rio de Janeiro      |                               | Monterrey                     | Rio de Janeiro      | Quito          |                     |                               |                               | Guadalajara         | Rio de Janeiro   |                     |                               |
|                               |                     | Puebla           | São Paulo           |                               | Santiago                      | São Paulo           |                |                     |                               |                               | Monterrey           | São Paulo        |                     |                               |
|                               |                     | Quito            |                     |                               | Montevideo                    |                     |                |                     |                               |                               | Puebla              |                  |                     |                               |
|                               |                     | Santiago         |                     |                               |                               |                     |                |                     |                               |                               | Santiago            |                  |                     |                               |

Tabla 12. Ciudades Verdes de América Latina. Fuente: Economist Intelligence Unit

Es así, como existe un déficit de 56 millones de m<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas, cifra que podría explicarse por la continua sustitución de áreas verdes por cemento, asfalto y que en comparación equivaldría aproximadamente a 5 000 canchas de fútbol. Como se aprecia en las tablas, Lima obtiene el resultado de “muy por debajo del promedio”, en términos de uso de la tierra, edificios y calidad del aire (Tabla 12).

Si sumamos el déficit mencionado, al gran déficit de viviendas que registra Lima, se puede apreciar que son cada vez menos los m<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas por habitante con los que se cuenta, es decir se aprecia cómo se agranda cada vez más la brecha. De allí la necesidad de contar con mayores áreas verdes, a fin de poder contrarrestar el creciente déficit que termina perjudicando los niveles de calidad de aire y salud de las personas.

Como gestión para mitigar el cambio climático y habiendo mencionado anteriormente la situación actual de los techos en Lima, es que se considera la incorporación de Techos Verdes, como una parte importante en el diseño arquitectónico de las edificaciones. De esta manera, se pone en valor la utilización de la quinta fachada como un importante espacio para disfrutar al aire libre, dándole variados usos que contemplen zonas con jardines extensivos, intensivos, o inclusive huertos urbanos, con el propósito de lograr una mejora en la calidad del aire por la mayor producción de oxígeno y absorción de CO<sub>2</sub>.

De acuerdo a lo que señala el INEI, en el Perú, más de 3 millones de techos presentan un aspecto gris, lo cual incrementa el “Efecto Isla de Calor Urbano”, al tener un nivel de Reflectancia Solar bajo. Implementando techos verdes, se logra revertir esta situación, lo que mejora el aislamiento de la cubierta, brinda un mayor confort térmico en el último nivel de las edificaciones y ayuda a crear superficies permeables, al poder aprovechar la vegetación, la humedad, el rocío de las madrugadas y el agua de las garúas de Lima. Con todo lo mencionado, esta estrategia arquitectónica estaría sustituyendo un espacio de la edificación sin mayor utilidad, contaminante y antiestético, por uno diseñado con criterios de funcionalidad y que a su vez genere beneficios sociales, económicos y ambientales, no sólo a la edificación, sino también a su entorno inmediato (Fig. 74). En tal sentido, esta estrategia consiste por un lado en contrarrestar las emisiones de CO<sub>2</sub> y por otro lado aumentar la cantidad de áreas verdes en aquellos espacios sin uso, como son gran parte de los techos de Lima.



De esta manera se estaría aprovechando un espacio para producir oxígeno, disminuir la temperatura del lugar, gracias a la sustitución del cemento o concreto armado por espacios verdes en lo más alto de un inmueble, sea esta una casa o un edificio, representando así un aporte consciente a favor del cambio climático.

Fig. 74. Techos verdes como alternativa de cambio. Fuente: Rev. Perú Construye

### 3.3.3. Incentivos Verdes por parte de las Municipalidades de Lima

En Lima Moderna, ya son 4 las Municipalidades que están promoviendo e incentivando la construcción sostenible, mientras que en Provincia van sumándose 2 (Tabla 13).

| PROVINCIA | MUNICIPALIDADES               | ORDENANZAS                           | ALCANCE                |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Lima      | Distrito de Miraflores        | Ordenanza N°510.2019-MM, "CEPRES"    | Viviendas y comercio   |
| Lima      | Distrito de San Isidro        | Ordenanza N°523.2020-MSI, "Zona ZEN" | Viviendas y comercio   |
| Lima      | Distrito de San Borja         | Ordenanza N°623.2019-MSB             | Residencial            |
| Lima      | Distrito de Santiago de Surco | Ordenanza N°595.2019-MSS             | Viviendas y comercio   |
| Cusco     | Mun. Provincial de Cusco      | Ordenanza N°025.2019-MPC             | Viviendas y comercio   |
| Arequipa  | Mun. Provincial de Arequipa   | Ordenanza N°1136.2018-MPA            | Viv., comercio y educ. |

Tabla 13. Ordenanzas. Fuente: Diario El Peruano / Cuadro Elaboración propia

A través de las Ordenanzas, regulaciones e incentivos, son las Municipalidades las que hoy juegan un rol muy importante en la sociedad, ya que son las encargadas de difundir y orientar la implementación de edificaciones sostenibles, así como la consideración de techos verdes, como parte de las estrategias de diseño dentro del Código Técnico de Construcción Sostenible que busca mejorar la calidad del aire, al reducir parte de las emisiones que causan el cambio climático. La necesidad de desarrollar incentivos, obedece a que las Ordenanzas, aún no son obligatorias y son estos los que ayudan a que las regulaciones se cumplan (Tabla 14). Si bien cada Municipalidad escoge que incentivos ofrece, su otorgamiento en un proyecto está en función del cumplimiento de los requerimientos señalados en las Ordenanzas. Su importancia recae, en que son estos los encargados de inducir los nuevos comportamientos y cambios de hábitos en la sociedad.

| INCENTIVOS OFRECIDOS                        | Miraflores | San Isidro | San Borja | Santiago de Surco | Cusco | Arequipa |
|---|------------|------------|-----------|-------------------|-------|----------|
| Bonificación de altura                      |            |            | o         |                   | o     | o        |
| Flexibilidad de parámetros urbanísticos     | o          |            | o         | o                 |       |          |
| Incremento del área edificable              | o          |            |           | o                 |       |          |
| Reducción del tamaño de unidad inmobiliaria | o          | o          |           |                   |       |          |
| Reducción del número de estacionamientos    | o          | o          |           |                   |       | o        |

Tabla 14. Incentivos Municipales. Fuente: Diario El Peruano / Elaboración propia

Cabe señalar que actualmente ya son varias las Municipalidades que se están sumando al proceso de elaboración de nuevas Ordenanzas, lo cual es positivo, ya que se podrá empezar el próximo año con más Municipalidades alineadas en temas de sostenibilidad. En este contexto, los gobiernos regionales y locales, hacen uso de la Normativa para ir incorporando progresivamente los temas de sostenibilidad. Actualmente, Perú Green Building Council (Perú GBC), trabaja de la mano con el IFC (Corporación Financiera Internacional) y el Ministerio de Vivienda para apoyar y brindar asesoría a gobiernos regionales, locales, municipalidades e instituciones, desarrollando instrumentos que incentiven y promuevan la construcción verde.

Los incentivos se pueden clasificar en dos grupos, los financieros y los técnicos (Fig. 75).

- Al respecto, es importante mencionar que difícilmente las Municipalidades otorgan incentivos financieros. Al igual que en otros países, son los gobiernos los que tienen mayor incidencia en este tema a través de descuentos por ejemplo en el IGV, el impuesto predial o alcabala.
- El mayor alcance de las Municipalidades se da a través de los incentivos técnicos, siendo los de mayor acogida la bonificación de altura, rapidez en los trámites y flexibilidad en los parámetros urbanísticos.



Fig. 75. Tipos de incentivos en el Perú. Fuente: IFC

A la par, se han establecido Mecanismos de Verificación que permiten asegurar que las edificaciones estén siguiendo los procesos mínimos para ser catalogados como sostenibles. Uno de los medios más utilizados actualmente como línea base de medición, para ser considerado un proyecto sostenible, radica en la obtención de un Certificación Estándar Medioambiental, como son LEED, EDGE, entre otras. La implementación de los incentivos ofrecidos por las Municipalidades está generando logros positivos. Por ejemplo, en el caso en la Municipalidad de San Borja, con los proyectos certificados EDGE hasta el año 2020, se han podido medir ahorros significativos en términos de energía, agua y emisiones de CO<sub>2</sub>, cuyas equivalencias considero importante de señalar, ya que permiten una mejor comprensión de las cifras de ahorro que se están logrando anualmente (Tabla 15).

| <i>MUNICIPALIDAD SAN BORJA</i> | <i>AHORRO LOGRADO</i>           | <i>EQUIVALENCIA - MEDIDAS REFERENCIALES AL AÑO</i>       |
|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Energía                        | 2 947 000 kWh/año               | 265 732,117 smartphones cargados = 728 033 al día        |
| Agua                           | 110 179 m <sup>3</sup> /año     | 55 089, 260 botellas de 2 litros o 44 piscinas olímpicas |
| Emisiones CO <sub>2</sub>      | 882 490 kg CO <sub>2</sub> /año | 3 524, 143 km recorridos en auto al año                  |

Tabla 15. Logros de los incentivos en San Borja. Fuente: Data IFC / Perú GBC 2020.

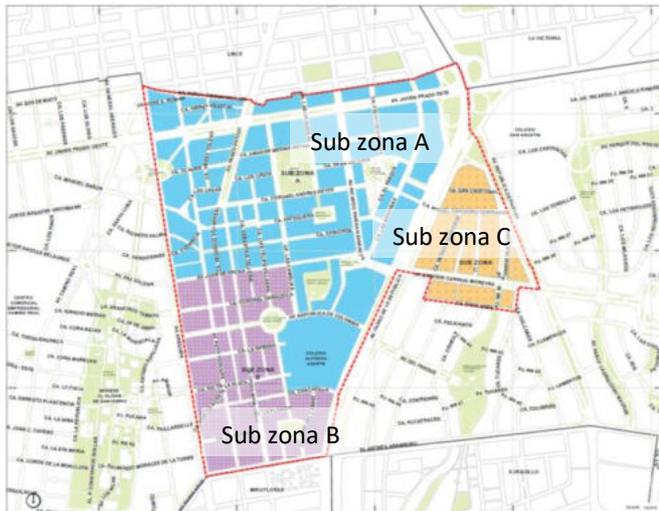
Así también se comparan las Ordenanzas del distrito de Miraflores y de San Isidro a fin entender mejor el contexto de Lima (Tabla 16) donde aún no hay una política totalmente homogénea con respecto a este tema, sino que son las mismas Municipalidades quienes están definiendo el grado de complejidad de los Requerimientos de Sostenibilidad. Se escogen estos distritos debido a que muestran similitudes en términos del segmento económico al que pertenecen sus habitantes, así como el nivel de desarrollo alcanzado en infraestructura.

| <b>REQUERIMIENTOS<br/>MÍNIMOS A CUMPLIR</b> | <b>Miraflores</b>   | <b>San Isidro</b>   |
|---|---|---|
| Código Técnico de Construcción Sostenible   | o   | o   |
| Cercos frontales transparentes              | o   |   |
| Segregación de residuos diferenciados       | o   | o   |
| Jardines arborizados en retiro frontal      | o   | o   |
| Estacionamiento para bicicletas             | o   | o   |
| Techo Verde                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CEPRES A – LEED, BREEAM (50% A. Útil de la azotea)</li> <li>- CEPRES B - EDGE (40% A. Útil de la azotea)</li> <li>- CEPRES C – Sin Certificación Internacional (30% A. Útil de la azotea)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Área no menor al 50% del Área Útil (TODOS los proyectos, no solicita contar con Certificación Intern.)</li> <li>- Zona ZEN - Anexo N°04, N°05 (SI-01: Normativa Urbanística y Edificatoria)</li> </ul> |

Tabla 16. Condiciones de Sostenibilidad. Fuente: Ordenanzas Municipales, Perú GBC.

En el distrito de Miraflores, para que un proyecto sea considerado como sostenible, debe de cumplir los requisitos mínimos señalados en la Ordenanza N°510.2019-MM. En este caso, los incentivos otorgados están en función del compromiso ambiental que muestre una edificación, ya que, a mayor inversión realizada en sostenibilidad, mayor incentivo recibe. Por otro lado, si un proyecto no aspira a una certificación, pero sí cumple los requerimientos mínimos de sostenibilidad, se les permitirá como incentivo sólo un 10% de incremento del área techada. En el caso de aquellos proyectos que logran una certificación, se les premia con mayores beneficios. Por ejemplo, si certifican como EDGE, se les otorga un incremento del 15%, mientras que de obtener una certificación LEED o BREEAM, cuya valla muestra mayores complejidades para ser superada, se les otorga un 25% de incremento en sus áreas techadas. Cabe mencionar que el mismo criterio de evaluación, se mantiene para el resto de requisitos. (Municipalidad de Miraflores, 2019) Específicamente para cumplir el requerimiento de techos verdes, la Municipalidad de Miraflores solicita un mínimo del 50% del área utilizable de la azotea, como destinada a ser techo verde en el caso de una certificación LEED. Para proyectos certificados EDGE, se solicita cumplir con un 40% y un 30% para proyectos que no aspiran una certificación. Así también para que un techo verde cumpla como tal, se solicita indicar en los planos de todas las especialidades, sus características y sus especificaciones técnicas, así como la entrega de detalles del sistema utilizado y la especificación de sus componentes.

En cuanto a la Municipalidad de San Isidro, se puede mencionar que, en los últimos 5 años, se han establecido un conjunto de Ordenanzas Municipales que apuntan hacia dos sentidos de mejora. Por un lado, se busca el aumento de las áreas verdes no sólo del entorno, sino también de las nuevas edificaciones, y, por otro lado, se busca reducir la población flotante de San Isidro. A través de la Ordenanza N°412.2015-MSI, se dieron a conocer las primeras Condiciones Específicas de Carácter Ambiental de un proyecto sostenible. Como primera condición para recibir los incentivos, el proyecto debe de



situarse dentro del Ámbito de Aplicación establecido, la Zona de Emisiones Neutras (ZEN), conocida también como la sumatoria de las Sub Zonas A, B y C (Fig. 76) y que a la vez forma parte del programa “Ciudad Sostenible”, comentado líneas arriba. Así también se establece que deben de cumplir con una serie de requerimientos básicos de diseño, como un ambiente específico para reciclaje con contenedores diferenciados,

estacionamiento de vehículos no motorizados como bicicletas, uso de aparatos sanitarios, griferías con aireadores, luminarias, equipos ahorradores, entre otros (Tabla 17).

| <b>REQUERIMIENTOS DE CARÁCTER AMBIENTAL PARA OBTENER LICENCIA DE EDIFICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO</b> |  |
|---|--|
| Uso eficiente de energía  | Sistemas de iluminación artificial LED en todas las áreas comunes<br>Instalación de Equipos ahorradores en áreas comunes (en Lavanderías, SUM, Salas de estar, etc.) |
| Uso eficiente de agua   | Aparatos sanitarios y griferías con sensores de ahorro en todo el proyecto   |
| Sistema de manejo de residuos   | Zona de Reciclaje Permanente con 4 contenedores diferenciados  |
| Movilidad sostenible  | Estacionamiento para vehículos menores (bicicletas y otros) y camerinos (1 hombres, 1 mujeres) con acceso desde el estacionamiento                                   |
| Ámbito de Aplicación  | Zona ZEN “Zona de Emisiones Neutras” = Sub Zona A+B+C (actualmente)  |

Tabla 17. Proyectos en la Zona ZEN. Fuente: Ordenanzas N°412.2015 / N°437.2016

Fig. 76. Zona de Emisiones Neutras (ZEN). Fuente: Ordenanza N° 523.2020-MSI

Al haberse identificado algunos vacíos en la primera Ordenanza propuesta, se creó una segunda Ordenanza N°437.2016-MSI, la que además de subsanar errores, sirvió como complemento. Considero que es importante mencionarla porque los proyectos que se acogieron, tuvieron que aplicarlas en conjunto para poder obtener la licencia de edificación y posteriormente, al haber culminado la obra, la licencia de funcionamiento previa verificación de todos los cumplimientos.

La mencionada Zona ZEN, se creó para añadir proyectos residenciales como Edificios Multifamiliares, a un distrito que se caracterizaba por ser netamente financiero y comercial. Es así como se pasó de una zonificación comercial, a una zonificación mixta, en busca de resolver grandes problemas, como reducir la excesiva población flotante que San Isidro presenta día a día y que trae consigo, como se mencionó anteriormente, gran movimiento y congestión vehicular con elevados niveles de contaminación ambiental. En tal sentido, se busca aumentar la cantidad de residentes, al ser una de las pocas zonas de San Isidro, que, al crecer, se desarrollaron gran cantidad de oficinas y zonas comerciales, quedándose sin residencias y sin animación durante las noches, llegándose a convertir en un espacio solitario o inseguro, que mostraba gran contraste durante el día y la noche, de allí la necesidad de revertir este aspecto (Fig. 77). Sobre esto último, Jane Jacobs, una

famosa divulgadora y teórica del urbanismo, menciona que, en una ciudad nunca deben faltar “Ojos en la calle”, es decir nunca debe quedarse sin animación, a fin de ser considerada una ciudad funcional y segura (Fig. 78). “Tiene que haber ojos en las calles, ojos pertenecientes a los que podríamos llamar los propietarios naturales de la calle. Los edificios deben estar orientados hacia la calle para garantizar la seguridad de los residentes y extranjeros.” (Jacobs, 1961).



Fig. 77. Contraste durante el día y la noche. Fuente: Mun. San Isidro

Fig. 78. Estructura Urbana de San Isidro. Fuente: Resolución de Alcaldía N°352

En la ordenanza también se promueve el aumento de los m<sup>2</sup> de áreas verdes privadas, por lo que se establece que por lo menos la mitad del área libre de una edificación nueva, se destine exclusivamente para áreas verdes con jardines y arborización. Otro gran cambio se refiere al tránsito vehicular intensivo, el cual se ha redirigido hacia las avenidas principales, ubicadas en la periferia de la Zona Zen. Al interior, los vehículos se han restringido, con la finalidad de fomentar que las personas que residan y trabajen en la Zona ZEN, caminen y eviten el uso de vehículos, logrando minimizar los índices de la contaminación ambiental.

Por otro lado, los incentivos que ofrece San Isidro, al cumplir con los requisitos, son la reducción del tamaño mínimo de la unidad inmobiliaria y la reducción del número de estacionamientos. Esta decisión generó la disconformidad por parte de los vecinos, ya que consideraban que los incentivos ofrecidos no eran los más adecuados, que eran muy reducidos los metrajes de 45 m<sup>2</sup> y 60 m<sup>2</sup> y que esto inducía a una tugurización indebida del distrito, que terminaría reduciendo el valor de los inmuebles ya existentes. Es así como lo mencionado, dio lugar a una nueva Ordenanza N°523.2020-MSI, donde se estableció un nuevo tamaño mínimo de las unidades inmobiliarias, esta vez mayor. A la vez se disminuyó el incentivo de estacionamientos, sin llegar a igualar lo establecido en los parámetros convencionales, que rigen para el resto del distrito, como dos estacionamientos por cada unidad de vivienda (Tabla 18).

A la fecha, son numerosas edificaciones, las que se construyeron bajo las 2 primeras ordenanzas. Es importante mencionar que, a pesar de los cambios, se han mantenido los objetivos ambientales planteados desde un inicio. Logrando mayor disponibilidad de viviendas, se está colaborando con reducir progresivamente la población flotante, el

tránsito vehicular y por lo tanto se están logrando menores emisiones diarias de CO<sub>2</sub>, sin afectar el preocupado valor monetario de las edificaciones nuevas y existentes.

| INCENTIVOS DE LA ZONA ZEN                | Ordenanza N°412.2015-MSI +<br>Ordenanza N°437.2016-MSI |                                |                                | Ordenanza N°523.2020-MSI                 |                                |                                |
|--|--|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|
|  | Reducción del tamaño mínimo de unidad inmobiliaria     | 45 m <sup>2</sup><br>(2 dorm.) | 60 m <sup>2</sup><br>(1 dorm.) | 100 m <sup>2</sup><br>(1 dorm.)          | 70 m <sup>2</sup><br>(1 dorm.) | 85 m <sup>2</sup><br>(2 dorm.) |
| Reducción del número de estacionamientos | Estacionamiento: 1 c/ 2 unidad inmob.                  |                                |                                | Estacionamiento: 1 c/ unidad inmob.      |                                |                                |
|  | Est. para Visitas: 10% del total de est.               |                                |                                | Est. para Visitas: 10% del total de est. |                                |                                |
|  | Bicicletas: min. 1 c/ 10 unidad inmob.                 |                                |                                | Bicicletas: min. 1 c/ 10 unidad inmob.   |                                |                                |

Tabla 18. Incentivos de la Zona ZEN. Fuente: Ordenanza N°523.2020-MSI

En San Isidro, los techos verdes son una parte importante de los objetivos planteados para reducir la contaminación ambiental y generar mayores beneficios para la salud de sus habitantes. En las mencionadas Ordenanzas, se aprecia cómo se han ido incorporando cada vez más requisitos, especificaciones técnicas, así como restricciones para su correcta implementación (Tabla 19) entre las cuales se menciona como clave, que todo techo verde debe colocarse por lo menos en el 50% del área útil total de la azotea (Fig. 79).

| DISPOSICIONES PARA LAS AZOTEAS CON TECHO VERDE  |   |
|---|---|
| Cubrir un 50% del área útil de la azotea, pudiéndose colocar en las zonas de retiro o retranque   | x |
| Incorporación de especies arbóreas, arbustos o árboles de menor porte sobre macetones fijos o jardineras en un mínimo del 30% del área de techo verde | x |
| Sistemas de riego con tecnología de ahorro de agua  | x |
| Se prohíbe la instalación de techos “sol y sombra” y paneles fotovoltaicos sobre los techos verdes  | x |
| Contar con un murete o parapeto frontal (0.20 - 2.00 m) que bordee toda la azotea (muro ciego o transparente)   | x |
| Cobertura con material impermeabilizante, pendiente mínima del 2%, sumideros, chaflanes de 8 cm de altura   | x |

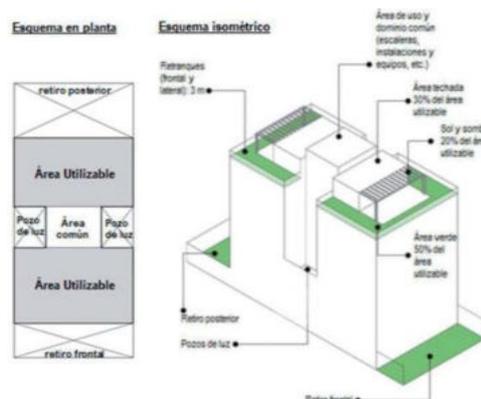


Tabla 19. Techos verdes. Fuente: Ord. N°437.2016-MSI / N°523.2020-MSI

Fig. 79. Especificaciones de azoteas. Fuente: Ordenanza N°523.2020-MSI

Es importante apreciar como estos nuevos conceptos se han ido aceptando, conforme se observaban los beneficios que significaban para los desarrolladores, propietarios y usuarios, así como para el medio ambiente, aspecto que antes no era contemplado dentro de una normativa y que hoy representa una nueva y válida preocupación. En el contexto de Lima, cuando se ofrecen en un proyecto techos verdes como parte de las áreas comunes, es apreciado por un desarrollador o por un comprador, como un elemento diferenciador en relación a los competidores del mercado. Se observa que esta estrategia, ha tenido una gran aceptación, a pesar de no ser visto aún, por gran parte de la sociedad, como un beneficio medioambiental y de salud, sino que más bien se ve como una necesidad satisfecha que antes no había sido considerada. Con esto, se hace referencia, a que los usuarios de hoy, gustan de contar con áreas verdes y vistas al aire libre, por lo que están dispuestos a pagar una cifra mayor, lo que trae consigo un doble beneficio:

- Por el lado de la oferta, los desarrolladores gozan de los incentivos otorgados por el gobierno local, tales como ventajas fiscales o incentivos, dados por las Municipalidades, como mayores metros cuadrados de edificación, mayor celeridad en los trámites, entre otros. Así también los desarrolladores, gozan del beneficio de una mayor demanda que responde a la innovación, que significa la construcción verde vs. la construcción convencional. Esto redundará en una mejor imagen para las empresas, al ser vistas como responsables, al cuidar del medio ambiente, logrando así proyectos con buen marketing, mejores precios y mayor rapidez en sus ventas.
- Por el lado de la demanda, para los usuarios, contar con techos verdes significa disponer de una edificación más saludable, ser parte de una nueva tendencia que satisface necesidades de esparcimiento y recreación dentro de la misma edificación, al gozar con áreas verdes en reemplazo del cemento. Esto no sólo permite mejorar el orden y aspecto de la cubierta, sino también permite brindar una mejor calidad de vida a los ocupantes, reduciéndoles el estrés, sobretodo en estos tiempos, donde el estar confinados en las edificaciones se ha vuelto parte de la nueva rutina. Se puede mencionar también que los usuarios se benefician con una revalorización de sus inmuebles y gozan de incentivos municipales como el pago de menores impuestos y menores tarifas públicas. Así como dejar de usar bolsas de plástico, fue un tema de concientización gradual, la aplicación de techos verdes, se está volviendo cada vez más un tema de satisfacción personal, al poder contribuir con los objetivos globales y reducir los impactos ambientales.

Cabe mencionar que cumplir con los requerimientos de carácter ambiental, ha sido posible, al no significar una gran complejidad en términos de tiempo y costo, por lo que su aplicación ha sido vista con buenos ojos por muchos desarrolladores del sector construcción. Con lo mencionado, se puede decir que, en el Perú, las Municipalidades cada vez están teniendo más participación en temas de sostenibilidad, lo cual es muy positivo ya que, al estar homogenizando criterios, se está apostando por un crecimiento ordenado que beneficia la salud de la población y el cuidado del medio ambiente.

En Lima, se aprecian cada vez más importantes proyectos como edificios corporativos o edificios multifamiliares que incluyen en sus diseños de manera voluntaria, diversos criterios de sostenibilidad como la implementación de techos verdes en sus cubiertas. Uno de los primeros y más significativos techos verdes desarrollados en Lima, se encuentra en el Edificio Real Seis del Centro Empresarial de San Isidro (Fig. 80). Presenta en su azotea una extensión de 1200 m<sup>2</sup> de techos verdes, donde se comprobó no sólo la regulación de



la temperatura al interior de las oficinas, al disminuir el calor en un 30%, sino que también se pudo comprobar la absorción de CO<sub>2</sub> en una zona con alto tránsito vehicular, aspecto muy importante y de gran interés para la situación de Lima.

Fig. 80. Edificio Real Seis, San Isidro - Lima.

Fuente: Diario Gestión

El Edificio Leuro, es otro referente clave en Lima, ya que recibió en el año 2015, la primera Certificación LEED Platinum del Perú. Este proyecto, ubicado en Miraflores, cuenta con 1100 m<sup>2</sup> de áreas verdes, repartidos entre las terrazas de los niveles 3, 4, 15 y la azotea (Fig. 81). Su diseño paisajístico se riega gracias a la planta de tratamiento de agua residual que cuenta el proyecto, la cual permite a su vez, cubrir el 50% de la demanda de aparatos sanitarios, significando un gran ahorro en el consumo de agua.



Fig. 81. Techo verde en edificio Leuro, Miraflores. Fuente: Techos Verdes ZinCo

Los proyectos referenciales mencionados, son casos puntuales de empresas corporativas que apostaron e innovaron en Lima con la implementación de techos verdes en sus proyectos, con la finalidad de optimizar el confort, la calidad de vida y la productividad de su personal. Así también, al haber expuesto sus bondades, generaron un efecto contagio bastante positivo en el sector de la construcción, razón por la cual actualmente se observa en Lima, su aplicación en distintas escalas. Cabe mencionar que a pesar ello, aún existen argumentos financieros negativos en cuanto a su elevado costo, lo que se ha ido diluyendo con el tiempo, al ir revisando las evaluaciones de costo/beneficio.

En el desarrollo de la investigación, se analizará un proyecto realizado en el distrito San Isidro (Fig. 82), que implementa el techo verde y que puede considerarse un referente para la realización de otros edificios, así como un ejemplo para el cumplimiento de criterios LEED.



Fig. 82. San Isidro, Centro Financiero de Lima. Fuente: Techos Verdes ZinCo

## 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el desarrollo del proyecto se ha elegido un edificio multifamiliar que ha sido proyectado y construido para limitar el impacto negativo hacia el medio ambiente, y que puede considerarse como un caso de éxito de la implementación del techo verde en Lima, debido a los beneficios sociales, económicos y medioambientales que ha sido capaz de aportar. Este edificio que se toma como caso de estudio a analizar, se encuentra ubicado en San Isidro, uno de los distritos más concurridos y comerciales de Lima; en las terrazas de los dúplex y en su azotea se han realizado techos verdes como parte de los ambientes sociales. De su análisis se extrapola información técnica útil para la aplicación del techo verde en otros edificios de la ciudad, asimismo se verifica el potencial del uso de esta técnica constructiva para la obtención de la certificación LEED.

### 4.1. CONTEXTO Y UBICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El edificio objeto de estudio se ubica en San Isidro, éste es un importante distrito de la ciudad de Lima, que no sólo cuenta con un sector residencial, sino también con el principal Centro Financiero y Comercial de Lima, aspecto que lo diferencia del resto, donde la afluencia de personas es claramente menor. Se le reconoce también por haber sido uno de los primeros distritos preocupados en revolver distintos aspectos urbanos desde el punto de vista de la sostenibilidad, recibiendo así el apelativo de “Ciudad Sostenible”. En el distrito de San Isidro se aprecian 5 sectores (Fig. 83). En los dos primeros sectores y en el quinto, predominan las viviendas y comercios de pequeña escala, mientras que el tercero y el cuarto, son el corazón de San Isidro, al estar conformados por altas edificaciones donde se encuentran las principales sucursales de bancos, oficinas, comercios de gran escala, entre otros, que absorben en gran medida a la población flotante que visita diariamente el distrito y cuyo rango de edades están entre 18-50 años.

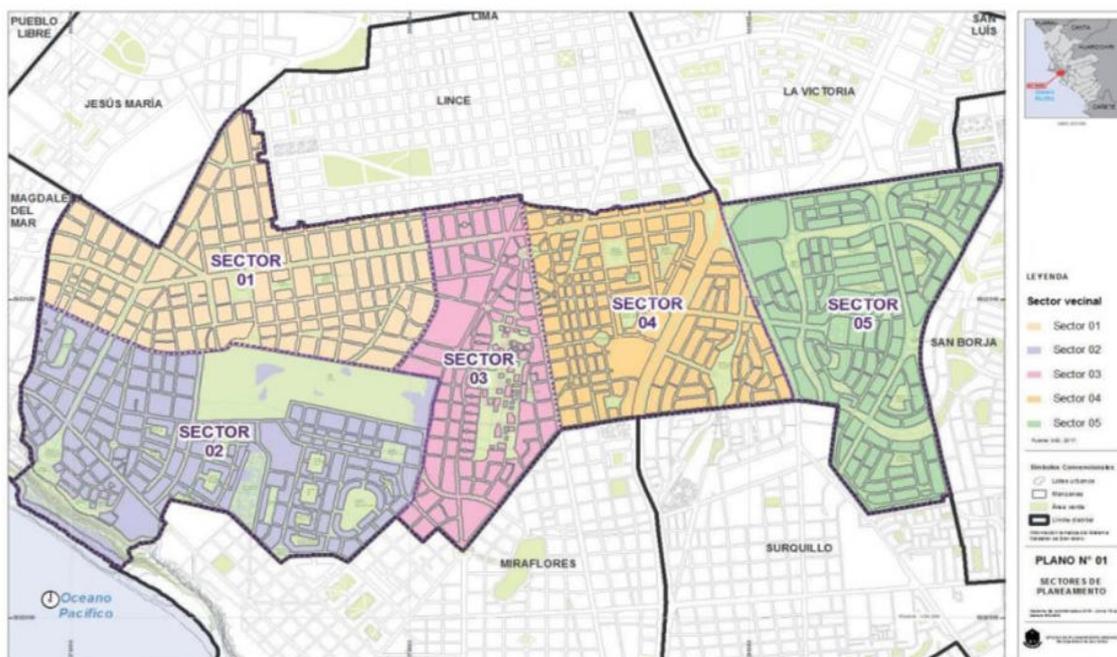


Fig. 83. Sectores del distrito de San Isidro. Fuente: Reglamento Integrado Normativo (RIN) de San Isidro - Normas Legales (Fecha de Publicación: 12 de Julio del 2020)

Si bien San Isidro cuenta con una población de 60.735 residentes, es importante nombrar a su población flotante diaria, la cual está conformada por todas aquellas personas que no residen, sino que llegan principalmente a San Isidro por temas de trabajo y se regresan a sus casas luego de su jornada laboral. Esta población flotante, está representada por 755.717 personas, cifra 12 veces mayor a la población total de residentes y se dirigen principalmente a los Sectores 3 y 4, como se mencionó anteriormente, llegando a representar así más del 60% de las visitas diarias (Fig. 84).

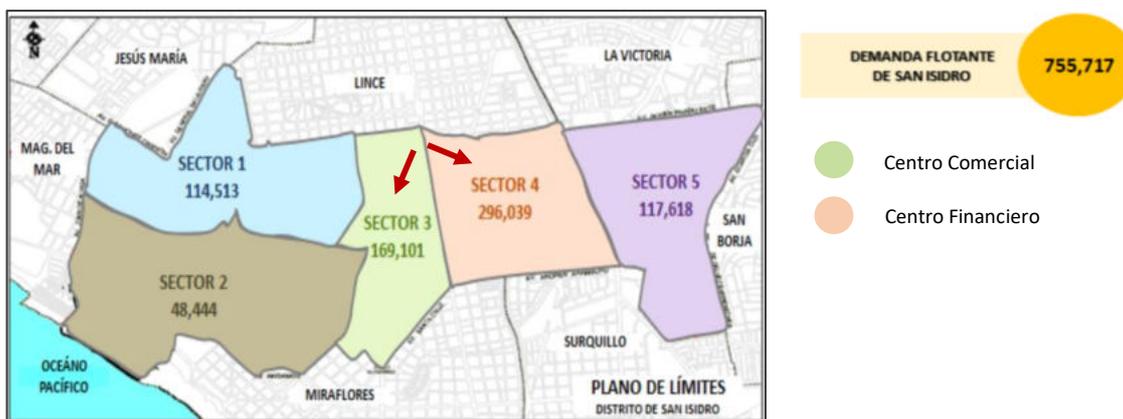


Fig. 84. Población flotante por sectores. Fuente: Comp. Estadístico 2017

Esto trae como consecuencia un alto tránsito vehicular, que se intensifica aún más durante las horas punta, término que hace referencia a las horas de ingreso y salida laboral (06:00-09:00 am/17:00 -21:00 pm), así como por la ubicación geográfica que tiene el distrito, ya que cuenta en su trazado con varias avenidas principales que sirven de acceso y salida para otros 7 distritos como Miraflores, Magdalena del Mar, Jesús María, Lince, La Victoria, San Borja y Surquillo. El intensivo tránsito generado, así como su prolongada duración, da lugar a una alta contaminación del medio ambiente en el distrito, a causa de las emisiones generadas por los mismos vehículos que transitan, que no sólo emiten Monóxido de Carbono (CO), sino también Hidrocarburos (HC), Dióxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el Dióxidos de Azufre (SO<sub>2</sub>), tal y como se comentó anteriormente (Tabla 20).

|                        | <b>Monóxido de Carbono (CO)</b>                           | <b>Hidrocarburos (HC)</b>                                   | <b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>                            | <b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>  |
|------------------------|---|---|---|--|
| <b>Características</b> | Es el más peligroso, al no poderse ver ni oler.           | Contribuye a la formación del Smog y destrucción del ozono. | Se emite por combustión incompleta de combustible a temperaturas altas. | El Diesel vendido en el Perú tiene un alto contenido de azufre.                    |
| <b>Origen</b>          | - Poco oxígeno para quemar el combustible                 | - Motor desgastado, que quema aceite                        | - Transporte privado<br>- Taxis<br>- Colectivos                         | - Transporte público<br>- Combis y microbuses<br>- Establ. comerciales (chimeneas) |
| <b>Efectos</b>         | - Dolores de cabeza.<br>- Tóxico para personas y animales | - Irritación en ojos, fosas nasales, garganta y pulmones.   | - Irritación en ojos, fosas nasales<br>- Enfermedades respiratorias     | - Enferm. Respiratorias<br>- Daña la fauna y sistemas ecológicos                   |

Tabla 20. Emisiones que afectan la Calidad del Aire. Fuente: Mun. San Isidro

Según el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental de la Municipalidad de San Isidro, el flujo vehicular es de 550.000 vehículos por día, cifra que se sometió a evaluación a través de la Campaña Respira Aire Limpio en el año 2018 y que determinó que más del 57% de los vehículos, no cumplía con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de Emisiones Contaminantes. Este resultado evidencia el permanente perjuicio contra la calidad de aire que generan las emisiones vehiculares en San Isidro, razón por la cual se está monitoreando y se han implementado diversas medidas adicionales, explicadas



líneas adelante que buscan revertir la situación, así como enfocarse en el sector más afectado. Por otro lado, es importante mencionar que San Isidro cuenta con una superficie de 9.93 km<sup>2</sup> o 9.929.100 m<sup>2</sup>, de los cuales 1.167.635 m<sup>2</sup> son áreas verdes públicas (Fig. 85) y 413.017 m<sup>2</sup> son áreas verdes privadas, resultando una sumatoria total de 1.580.652 m<sup>2</sup> de áreas verdes (Fig. 86). En cuanto a lo mencionado, se aprecia que, la relación entre área verde pública y privada es de 3 a 1, lo cual muestra el poco interés del sector privado hasta el momento en este tema. Para revertirlo, se han creado en los últimos años, ordenanzas e incentivos, para motivar mayor interés y participación.



Fig. 85. Distribución de Áreas Verdes Públicas. Fuente: Municipalidad de San Isidro

Fig. 86. Plano Gral. de Áreas Verdes Públicas y Privadas. Fuente: Mun. San Isidro

Esta información es de mucha utilidad, ya que permite entender el contexto de San Isidro, establecer una comparación con lo señalado por la OMS y sobretodo podrá ser utilizada para sacar el real cálculo de m<sup>2</sup> por habitante de áreas verdes del distrito.

- Según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), haciendo referencia a la sumatoria de áreas verdes públicas y privadas, se cuenta en San Isidro con 26 m<sup>2</sup> por habitante de áreas verdes. Este cálculo lo obtienen al considerar una población de residentes de 60.735 hab. y un área verde total de 1.580.652 m<sup>2</sup>.

Si se compara la cifra mencionada por el SINIA con el mínimo requerido por la OMS de 9 m<sup>2</sup>, se podría pensar sin mayor análisis, que San Isidro tiene muy buenos indicadores y que ya no necesita más áreas verdes, por sobrepasar en casi 3 veces lo indicado. Sin embargo, esta cifra es engañosa debido a la gran población flotante que registra. Estas personas, como se mencionó anteriormente, forman parte del distrito durante casi todo el día por temas de trabajo, lo que origina entonces que, en realidad, la Población Total a considerar en San Isidro, sea de 836.452 personas y no de 60.735 personas como lo considera el SINIA. A diferencia de otros distritos de Lima, esta significativa población flotante origina todos los días, un gran congestionamiento vehicular y gran contaminación ambiental. Por este motivo, es que el presente estudio, la considera como parte de los problemas a ser resueltos en el distrito.

- Es así como tomando en cuenta a la población flotante y al área verde total de San Isidro, se hace un nuevo cálculo, donde se obtiene que realmente son 2 m<sup>2</sup> por habitante de área verde, cifra muy inferior al mínimo requerido por la OMS de 9 m<sup>2</sup> por habitante. Este cálculo se obtiene al considerar una población total de 836.452 personas (p. flotante + residentes) y un área verde total de 1.580.652 m<sup>2</sup>.

Esto significa, que en San Isidro sí existe un déficit de 7 m<sup>2</sup> por habitante de áreas verdes, motivo por el cual se ha observado en los últimos años, una serie de acciones, políticas municipales y normas legales, que buscan incrementar el ratio de áreas verdes y a su vez reducir la población flotante, incentivando a las personas que trabajan en San Isidro, a vivir muy cerca de sus centros laborales. Esto tiene como finalidad, disminuir la necesidad de transporte vehicular, medida que a su vez contribuye con la disminución de la contaminación ambiental causada por las emisiones. Esta doble estrategia, fomenta también un mayor uso de transporte no motorizado como bicicletas, así como los desplazamientos a pie dentro del distrito.

Lo mencionado anteriormente ya forma parte de la gran preocupación de los últimos alcaldes de turno de San Isidro, quienes ya han puesto en marcha su transformación hacia un “Smart City” de menor escala. Son 4 los pilares sobre los que se sustenta este cambio y trata acerca de convertirse en un distrito orientado hacia las personas, donde se genere innovación, políticas de sostenibilidad, inclusivas y gestiones transparentes (Tabla 21). En la siguiente tabla se aprecian los aspectos que han sido considerados importantes para convertirse en una ciudad sostenible y diferenciarse de los demás distritos de Lima.

| ASPECTOS CONSIDERADOS                                       | CANTIDAD  |
|---|---|
| Campaña de Sensibilización – Respira Aire Limpio            | 03 campañas realizadas  |
| Campaña de Sensibilización y Fiscalización - Vive sin Ruido | 24 campañas realizadas  |
| Ruta Domiciliar de Reciclaje y mapa                         | 43 rutas con horarios y días establecidos   |
| Ruta Empresarial de Reciclaje y mapa                        | 48 rutas en distintos tipos de establecimientos (Bancos, Hoteles, Comercio, C. Educativos, etc) |
| Estacionamiento de Bicicletas y mapa                        | 49 zonas de estacionamiento   |
| Parklets y mapa   | 16 zonas para el descanso de peatones   |
| Relación de macetas, plantas y mapa                         | 7 nuevas zonas  |
| Ciclovías existentes  | 46 ciclovías  |
| Ciclobarandas y mapa  | 12 en las principales avenidas  |
| Cicloestación y mapa  | 8 en vías secundarias   |

Tabla 21. Obras realizadas. Fuente: Portal de Transparencia de la MSI

En el portal de la Municipalidad de San Isidro (MSI), se observa información abierta con respecto a las innovaciones en sostenibilidad, a través de un registro ordenado y detallado que muestra una gestión transparente y activa. Los datos se observan libres para su reutilización y se acceden fácilmente a ellos (Fig. 87). Así también, con la finalidad de generar soluciones innovadoras desde el punto de vista urbanístico, se creó en el año 2016, el laboratorio municipal “Lab San Isidro”, en el cual se han venido desarrollando nuevas ideas y buenas prácticas, como la incorporación a nivel urbanístico de ciclovías, ciclo estaciones, estacionamientos rotativos para vehículos y zonas con cargadores solares en parques, que operan con paneles fotovoltaicos y permiten cargar los celulares. En todos los casos mencionados, se apuesta por convertir a San Isidro en un distrito sostenible, donde las decisiones municipales, se toman pensando en el bienestar de las próximas generaciones. Por esta razón, se le considera un ejemplo de proactividad en gestión municipal dentro de Lima, ya que a través de diversas acciones ha demostrado la gran preocupación por revertir no sólo su déficit de áreas verdes, sino también por reducir sus índices de contaminación ambiental. Se aprecia que enfrentó de manera directa y con estrategia la incongruencia descubierta en las cifras nacionales, que no demostraban lo que ocurría en realidad.



Fig. 87. Datos Abiertos - Oferta Municipal. Fuente: Portal de Transparencia MSI

## 4.2. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Se ha escogido como caso de estudio al “Edificio Black”, un edificio multifamiliar realizado por la Inmobiliaria EDIFICA, en el distrito San Isidro que culminó en diciembre del 2019. Este es un claro ejemplo de los nuevos proyectos que han surgido a partir de los cambios en la normativa que involucran criterios de sostenibilidad en las nuevas edificaciones.



Fig. 88. Zona ZEN y caso de estudio. Fuente: Portal CiudadMás / Elab. propia

El proyecto se encuentra ubicado en la Zona de Emisiones Neutras “ZEN” de San Isidro, (Fig. 88), por lo que su diseño responde a lo solicitado en las Ordenanzas N°412.2015 y N°437.2016, mencionadas anteriormente (Capítulo Incentivos Verdes del estado del arte). Al ser las primeras ordenanzas emitidas, muestran requerimientos de sostenibilidad básicos, ya que, en el 2015, año en el que se comenzó a tramitar el caso de estudio, recién San Isidro comenzaba a implementar estos temas. Sucede que, en el Perú, este tipo de proyectos son de mediano plazo. Desde que se empieza a buscar el financiamiento para la construcción, se levantan los fondos, se van tramitando los permisos, se obtiene la licencia de construcción, se cotizan los materiales, se van ejecutando las distintas etapas de una obra, se colocan los acabados, hasta que se culmina una obra y se recibe la licencia de funcionamiento finalmente, transcurren entre 4 y 5 años normalmente. Es así como, basándose en las ordenanzas de los años 2015 y 2016, culmina en el año 2019.

Conforme ha crecido la aceptación de la sostenibilidad en el mercado inmobiliario de Lima, se ha ido modificando la normativa y elevando la valla, tal y como se aprecia en la última ordenanza emitida en el presente año N°523.2020, a la cual aplica el proyecto “The Classic” y “Alta”, también de la Inmobiliaria EDIFICA, a pocas cuadras del caso de estudio y que aún está en una etapa preliminar. En los planos y memoria descriptiva, ya se aprecia el cambio de una ordenanza con mayor complejidad. Los buenos resultados de las edificaciones sostenibles, así como la aprobación de la Zona ZEN, es consecuencia de lo atractivo que resulta vivir en este sector, no sólo por su buena accesibilidad, sino también por la cercanía que presenta con respecto a los principales centros comerciales, centro financiero, actividades de esparcimiento y otros servicios (Fig. 89).

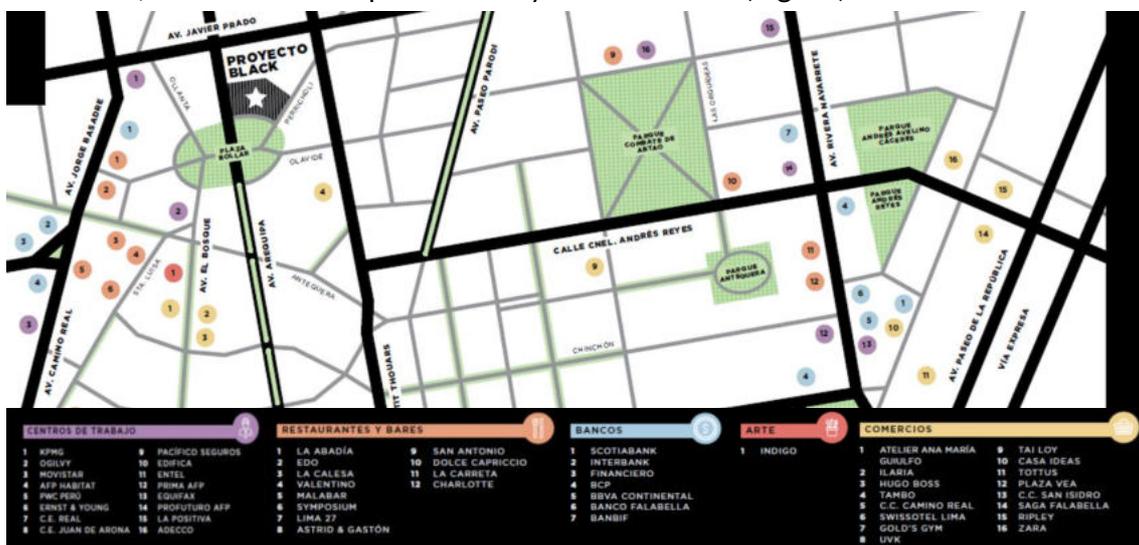


Fig. 89. Servicios cerca del caso de estudio. Fuente: Brochure Black, EDIFICA

Esto convierte al entorno del Multifamiliar Black, en una zona estratégica, con gran potencial de demanda, donde pasa a un segundo plano, el metraje de una vivienda y adquiere vital importancia la adición de espacios comunes dentro de una edificación para el mayor disfrute de todos los residentes, como el contar con terrazas y espacios donde se incluyan por ejemplo una sala de co-working, sala de juegos, gimnasio, piscina, zona de parrillas o áreas con techos verdes, cuya implementación además de mejorar la quinta fachada de un proyecto, contribuye con la mejora de la calidad del aire del entorno.

#### 4.2.1. Descripción del edificio

El Edificio Multifamiliar “Black” se encuentra ubicado en una de las principales avenidas del distrito de San Isidro, teniendo como dirección principal Av. Arequipa N° 2785-2795. El terreno formado por la sumatoria de predios, cuenta con tres frentes, uno hacia la mencionada Av. Arequipa, otro hacia la Calle Perricholi y otro hacia un Pasaje de la Plaza Constancio Bollar, siendo esta última la más transitada peatonalmente. El caso de estudio se desarrolla en una superficie de 1 309.50 m<sup>2</sup> y muestra una volumetría irregular de 10 pisos más una azotea con techo verde, 3 sótanos con estacionamientos para vehículos (66), motocicletas (58) y bicicletas (19), así como un gran pozo de luz interior que da hacia un jardín y permite que todos los departamentos gocen de iluminación y ventilación natural, aprovechando su condición privilegiada de ser un predio con 2 esquinas (Fig. 90).



| AREAS COMUNES  | AREAS COMUNES EN AZOTEA   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• LOBBY</li> <li>• LAVANDERIA</li> <li>• ZONA DE BICICLETAS</li> <li>• CUARTO DE RECICLAJE</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• GAME ZONE</li> <li>• SALA BAR</li> <li>• PISCINA Y TERRAZA</li> <li>• ZONA DE GRILL</li> <li>• LOUNGE</li> <li>• GIMNASIO</li> <li>• AREA DE YOGA</li> </ul> |



Fig. 90. Vista 3D - Edificio Multifamiliar Black. Fuente: Brochure Black, EDIFICA

Fig. 91. Áreas comunes del proyecto “Black”. Fuente: Brochure Black, EDIFICA

En cuanto a la distribución general, se cuenta con un ingreso vehicular desde la Calle Perricholi y un sólo ingreso peatonal desde el Pasaje Constancio Bollar, desde el cual se accede al Lobby (Fig. 91) y al núcleo de circulación vertical. Es así como se accede a los distintos pisos y a los 135 departamentos de 1 dormitorio (45m<sup>2</sup>), 2 dormitorios (60 m<sup>2</sup>) y 3 dormitorios (80 m<sup>2</sup>), pudiendo ser flats o dúplex. Estos últimos son 6, están en la azotea y gozan de un techo verde individual. Todos los metrajes cumplen las Ordenanzas (Fig. 92).

| VERIFICACION VIVIENDA             |                          |        |             |
|-----------------------------------|--------------------------|--------|-------------|
|                                   | MINIMO                   | MAXIMO | BLACK       |
| 1D (45-46m <sup>2</sup> )         | 45.0%                    | 50.0%  | 49%         |
| 2D (60-61m <sup>2</sup> )         | 40.0%                    | 50.0%  | 45%         |
| 2D + ESTAR (80-81m <sup>2</sup> ) | 0.0%                     | 10.0%  | 6%          |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>135 DEPARTAMENTOS</b> |        | <b>100%</b> |

NOTA: CONDICIONES ESPECÍFICAS DE CARACTER AMBIENTAL (Art. Nº 43 Ord. 437)

EL EDIFICIO MULTIFAMILIAR CONTARÁ CON:

- USO DE ILUMINACIONES LED EN LA TOTALIDAD DE LAS AREAS COMUNES
- INSTALACION DE SENSORES PARA EL AHORRO DE ENERGIA EN AREAS COMUNES
- INSTALACION DE INODOROS Y LAVADEROS CON SISTEMA AHORRADOR EN LA TOTALIDAD DE LA EDIFICACION
- INODOROS ONE PIECE KLIPEN OLIMPIA (VER FICHA TECNICA)
- GRIFERIA AHORRADORA CON AERADOR

Fig. 92. Porcentajes de cumplimiento. Fuente: Archivo proyecto Black, PDK

Fig. 93. Condiciones de carácter ambiental. Fuente: Archivo proyecto Black, PDK

Es importante resaltar que se incluyen todas consideraciones necesarias de carácter ambiental para lograr beneficiarse de los incentivos de la Zona ZEN (Fig. 93). Es así como se logra reducir el consumo energético a través de iluminación LED e instalación de sensores de movimiento en áreas comunes. Se logra reducir la demanda de agua potable a través de griferías con aireadores, inodoros y lavatorios con reguladores de caudal. Se cuenta también con un cuarto de reciclaje donde se separan los residuos en 4 contenedores diferenciados y se promueve el uso de vehículos menores, cumpliendo con el ratio de 1 estacionamiento para bicicleta por cada 10 viviendas (Fig. 94).

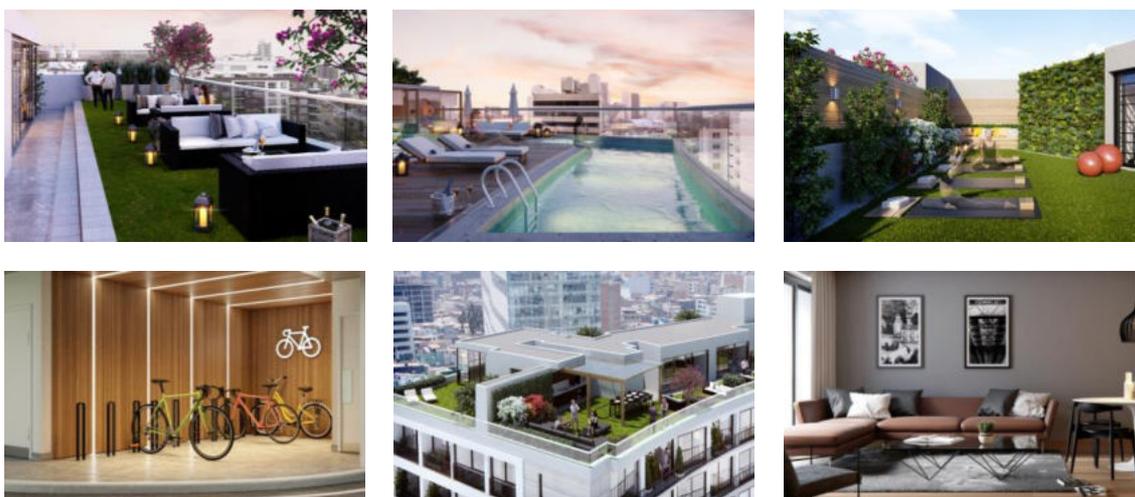


Fig. 94. Vistas del edificio Multifamiliar Black. Fuente: Brochure Black, EDIFICA

#### 4.2.2. Descripción de la azotea y del sistema de techo verde utilizado

Al analizar la planta de la azotea se pueden apreciar las áreas techadas y áreas libres del caso de estudio, donde destacan los techos verdes que cubren más del 50% de la superficie con 430 m<sup>2</sup> aproximadamente de un total de 846.40 m<sup>2</sup> (Fig. 95) y donde además se encuentran ubicados ciertos espacios para el disfrute de todos los usuarios, como una zona grill, un lounge y un espacio para hacer yoga al aire libre (Fig. 96).

Se aprecia también que los 6 dúplex ubicados en ambos extremos de la planta cuentan con acceso hacia sus propias terrazas con techos verdes, los cuales tienen en promedio un área aproximada de 35m<sup>2</sup>, metraje incluido en el total de 430 m<sup>2</sup> mencionados. Cabe señalar que gran parte de los techos verdes contemplados, son de tipo extensivo con cobertura de grass americano y con una altura de sustrato de 25 cm, quedando al ras de los sardineles. Sobre estos se han colocado macetas de concreto con árboles pequeños, arbustivas y suculentas. Una pequeña porción es de tipo semi-intensivo y trata acerca de un jardín seco con mulch que presenta también la misma altura de sustrato.

Como se aprecia en la planta, las áreas achuradas en color gris, corresponden a las áreas techadas. Estas se encuentran sectorizadas al centro, manteniendo una distancia mayor, a la requerida en la normativa de 3.00 m de retranque con respecto a los bordes. Es así como la sumatoria de áreas techadas representan un 25% de la superficie total de la azotea, porcentaje que también cumple con lo señalado en la normativa, al estar por debajo del 30% requerido. La mayor parte de las áreas techadas pertenecen a las áreas comunes del

proyecto, como son el Hall de ascensores, Gimnasio, Sala de juegos, Sala Bar y los 2 baños comunes. También se observan las áreas techadas que pertenecen a los seis dúplex, ubicados en los extremos de la planta como se señaló anteriormente.

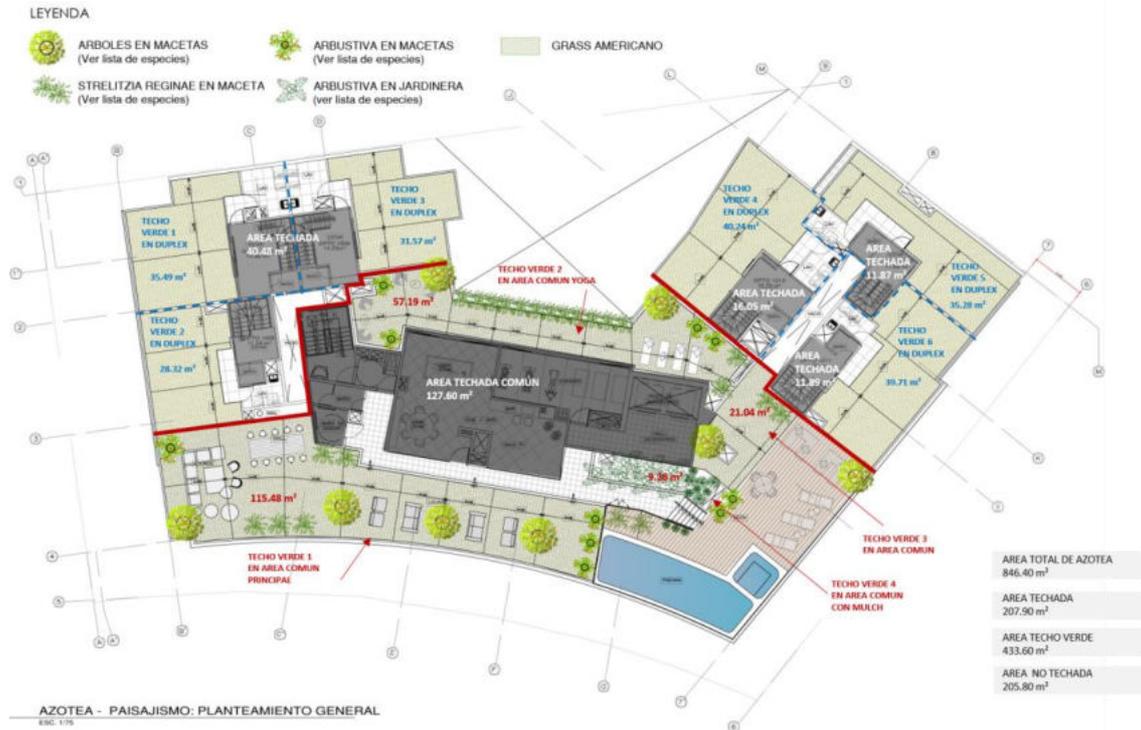


Fig. 95. Planta de la azotea y techos verdes. Fuente: Arch. Proyecto Black, PDK



Fig. 96. Área techada destinada a espacios comunes. Fuente: Ord.N°523.2020-MSI

En cuanto a las consideraciones técnicas y de diseño, la losa del caso de estudio tiene las características necesarias para poder recibir, soportar y aplicar un sistema de techo verde y además cumple con las disposiciones que deben tenerse en cuenta en las azoteas, a fin de poder beneficiarse de los incentivos ofrecidos por la Municipalidad de San Isidro. En el caso de estudio, son las Ordenanzas N°412.2015-MSI y N°437.2016-MSI, las que funcionan en conjunto y las que regulan el desarrollo de nuevas edificaciones con principios de sostenibilidad dentro de la Zona Zen, debido a ello su importancia. Los techos verdes mencionados, cuentan con un sistema de riego automatizado que permite el ahorro de agua potable, parapetos y barandas de vidrio en los bordes de 1.10 m y un sardinel de 25 cm que supera el mínimo establecido (Fig. 97). Se cuenta con una losa maciza de 20 cm, y soporta una carga adicional del sistema de techo verde

extensivo de 110 kg/m<sup>2</sup>. El caso de estudio presenta en su totalidad un techo tipo plano, con tramos que gozan de una pendiente mínima requerida del 2%, para que el agua discurra hacia los sumideros colocados aproximadamente cada 10.00 m en el caso de las áreas comunes y cada 6.00 m aproximadamente al tratarse de los dúplex.



Fig. 97. Corte – Techo verde extensivo. Fuente: Arch. Proyecto Black, PDK

Fig. 98. Componentes básicos del sistema. Fuente: Elaboración propia

Fig. 99. Detalle - Componentes del sistema. Fuente: Arch. Proyecto Black, PDK

Comparando el sistema de techo verde aplicado en el caso de estudio vs. la parte teórica investigada en el capítulo 4.2.4. en relación a sus 6 componentes (Fig. 98), es que se puede mencionar que se consideraron los componentes de manera correcta, tal y como se aprecia en el detalle arquitectónico (Fig. 99). Se hace la salvedad que, en vez de utilizar una capa drenante y una capa filtrante por separado, se utilizó finalmente un material novedoso como es el Geocompuesto drenante y filtrante MacDrain J, que incluye ambas funciones a la vez y que permite un mejor rendimiento al tratarse de techos verdes extensivos, como es en este caso. En las siguientes imágenes, se aprecian distintas fases del proceso de aplicación en obra, así como los componentes que se utilizaron, incluido el reemplazo mencionado (Fig. 100). Cabe mencionar que estos corresponden a materiales vigentes en el mercado de Lima, evidenciando la buena adaptación de la oferta.

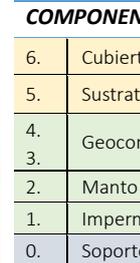
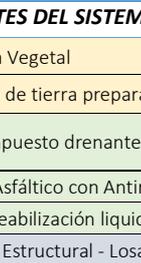
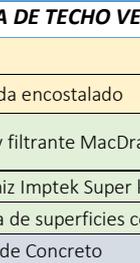
| COMPONENTES DEL SISTEMA DE TECHO VERDE COLOCADO IN SITU                              |  |   |
|--|--|---|
|   | 6. Cubierta Vegetal  | o |
|   | 5. Sustrato de tierra preparada encostalado                        | o |
|   | 4. Geocompuesto drenante y filtrante MacDrain J                    | o |
|   | 3. Manto Asfáltico con Antirraiz Imptek Super k3000                | o |
|   | 2. Impermeabilización líquida de superficies con Mapelastick Smart | o |
|  | 1. Soporte Estructural - Losa de Concreto                          | o |

Fig. 100. Componentes – Techo verde Black. Fuente: Archivo Proyecto Black, PDK

En cuanto a la impermeabilización de la losa y la prueba de estanqueidad se puede mencionar que forman parte de uno de los más importantes procesos para la instalación de los techos verdes. En el caso de estudio se colocó sobre la losa acabada con cemento pulido impermeabilizado, un refuerzo con Mapelastic Smart, una membrana líquida impermeabilizante con acabado rugoso que sobresale 20 cm sobre el nivel de sustrato, es decir dos veces más al mínimo requerido. Este mismo acabado se colocó en los 25 cm de sardinel. A pesar de no figurar en el detalle arquitectónico y en los cortes esquemáticos, por motivo de buenas prácticas se procedió con su colocación. Con la prueba de estanqueidad se corroboró su correcto funcionamiento al no evidenciar filtraciones ni humedad en el nivel inmediato inferior.

Así también, los componentes colocados, muestran resistencia frente a la acción de las raíces sobre la estructura de la edificación, asegurando la aplicación de techos verdes. Con respecto a los desagües y bajadas de agua, se dimensionaron y calcularon según lo establecido en el Reglamento de Nacional de Edificaciones (RNE), por lo que se da un correcto desalojo del agua de regadío y agua pluvial que reciben los techos verdes. Su implementación cumple además con todos los requisitos de estabilidad y resistencia mecánica establecidos en el RNE. En cuanto a la iluminación del área de techos verdes, se puede mencionar que se cuenta con luminarias tipo estaca y otras empotradas al piso. En este último caso, los puntos eléctricos fueron debidamente resguardados en tubos de PVC y también se impermeabilizaron, brindando la seguridad del caso.

#### 4.2.2.1. Sistema de riego

En el caso de estudio se plantean dos sistemas de riego distintos. En las zonas comunes el riego se da a través de un sistema automatizado que utiliza un timer o controlador eléctrico, que permite un ahorro estimado del 10% según la compilación elaborada por la empresa RainBird Corporation. En este caso, los techos verdes tipo extensivo son regados con aspersores, que brindan una eficiencia en el uso del agua del 80%. (Fig. 102) Por otro lado, en los dúplex, el riego de los techos verdes, es de forma manual, es decir la salida de agua se da a través de un grifo de riego y son los propios usuarios, los encargados de regar la cubierta vegetal con una manguera (Fig. 101). En este caso, la eficiencia se ve reducida a un 30%, lo que involucra un mayor cuidado y un riego disparejo que termina



utilizando más agua de la requerida y elevando los costos de las facturas. Cabe señalar que, con un aspersor, el consumo de agua por minuto es de 3 litros aproximadamente, mientras que utilizando una manguera manual se puede llegar hasta 18 litros por minuto, dependiendo del caudal con el que se cuenta. Para techos verdes extensivos, se recomienda en Lima riego mínimo de 3 veces por semana con un promedio de 6 minutos.

Fig. 101. Riego manual en dúplex. Fuente: Fotografías Archivo propio

| Tipo de Irrigación                                      | Eficiencia Típica | Tipo de Automación   | Ahorro estimado |
|---|-------------------|--|-----------------|
| Goteo Auto-Compensado enterrado                         | 95%               | Controlador Electronico  | 10%             |
| Goteo Auto-Compensado                                   | 90%               | Controlador Electronico + Sensor de Lluvia                                   | 15%             |
| Micro-Spray   | 85%               | Controlador Electronico + Sensor de Umidad del Suelo                         | 20%             |
| Aspersión Boquillas Alta eficiencia (Rotativas, He-Van) | 85%               | Controlador Electronico + ET automatica                                      | 25%             |
| Aspersión Rotores                                       | 80%               | Controlador Electronico + Sensor de Umidad del Suelo + Sensor de Lluvia + ET | 40%             |
| Aspersión Impacto                                       | 80%               | Control Central + ET   | 45%             |
| Goteo comun   | 75%               | Control Central + ET + Sensor de Flujo                                       | 50%             |
| Aspersión Boquillas Spray fija MPR                      | 65%               | Control Central + Sensor de Flujo + ET                                       | 60%             |
| Aspersión Boquillas Spray Variable                      | 60%               |  |                 |
| Manual con Manguera                                     | 30%               |  |                 |

Fig. 102. Tipos de irrigación. Fuente: Compilación de Rain Bird Corporation

El sistema de riego automatizado de las áreas comunes consiste en un sistema compuesto por varios elementos, explicados a continuación de acuerdo a su colocación en obra (Fig. 103). Entre estos se encuentran el programador o timer, contactor y transformador del sistema. Estos dos últimos, se encuentran colocados en la pared, alejados de las conexiones de agua. En cuanto al timer, se puede mencionar que su función es la de programar la duración, la cantidad de veces, las horas y los días en que se necesita regar. Funciona con pilas y presenta una tapa de goma y una junta de estanqueidad, para evitar que una posible filtración de agua dañe el aparato. El timer se encuentra conectado a la red de agua, así como a la válvula maestra. Uno de los componentes más visibles del sistema de riego automático, es la arqueta o caja de plástico negra con tapa verde. Dentro se encuentran el timer, la válvula maestra y las electroválvulas, correctamente impermeabilizadas, alejadas del agua del sistema de techo verde y con un suelo de gravilla. En cuanto a la válvula maestra, es aquella que tiene control sobre todas las electroválvulas, funcionando como un mecanismo de seguridad por si se producen fallas o se descontrola la salida del agua. En tal sentido, son las electroválvulas las que funcionan como grifos de riego, abriendo y cerrando el flujo del agua, cuando la corriente que circula por sus cables impermeables da la señal.

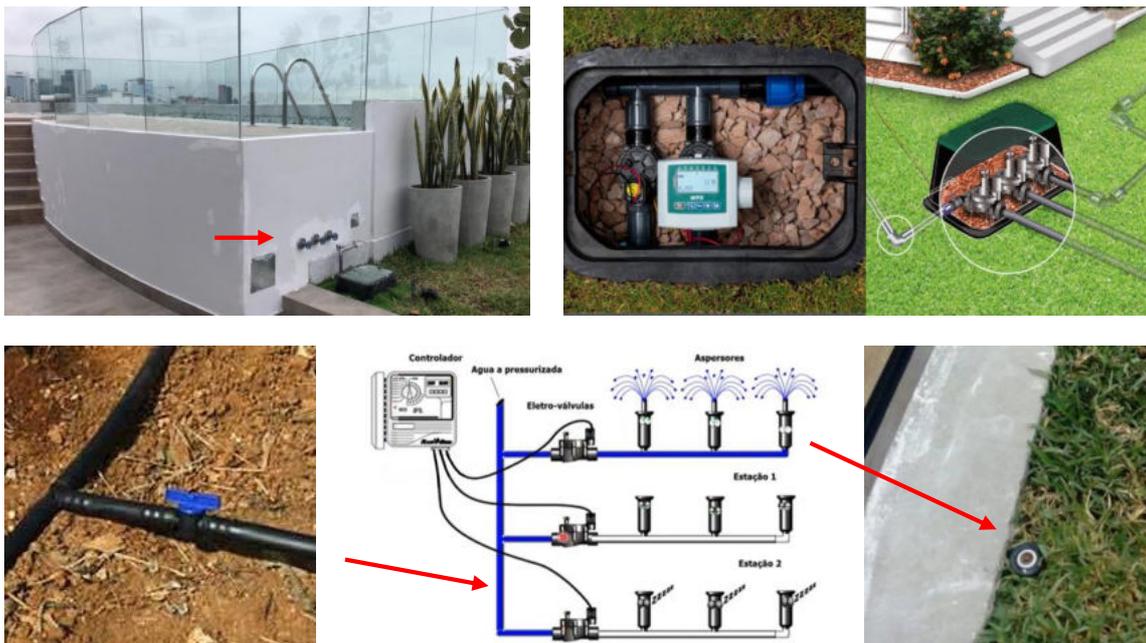


Fig. 103. Sistema de riego con mangueras, aspersores y arqueta alzada en áreas comunes. Fuente: Fotografías arch. Propio/ Jumbo Eco

Desde estas, se permite la conexión hacia la red de mangueras de polietileno de 1", que se encuentra colocada de manera invisible para los usuarios, entre la cubierta vegetal y el sustrato. Las mangueras se encuentran conectadas a los aspersores pop-up, que como su propio nombre lo dice, se elevan únicamente cuando debe activarse el sistema de riego. Como se aprecia en el plano, los encargados del paisajismo, diseñan la colocación de los aspersores (Fig. 104), de manera tal que el radio de alcance permita cubrir la totalidad de la superficie de grass, evitando dejar espacios sin regar. Los alcances manejados en el caso de estudio de 2.00, 3.00 y 4.00 metros, tienen una cobertura de boquilla full de 360°.

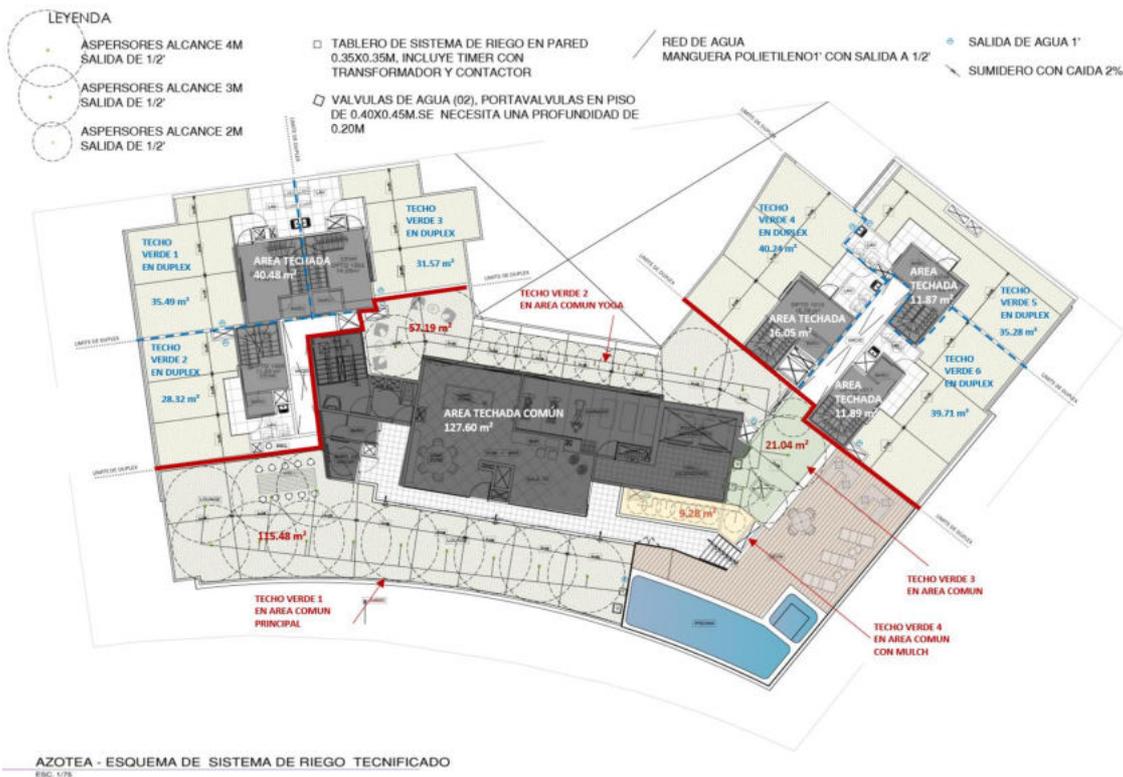


Fig. 104. Distribución y alcance de aspersores. Fuente: Arch. Proyecto Black, PDK

#### 4.2.2.2. Vegetación utilizada y aporte que reduce la contaminación ambiental

Como se comentó anteriormente, el techo verde del caso de estudio, es principalmente de tipo extensivo, es decir trata acerca de una cobertura vegetal con grass americano, sobre una superficie de 420 m<sup>2</sup> aproximadamente (Fig. 105). Este tipo de cubresuelo presenta un color verde característico y es bastante utilizado en Lima por su buena adaptación al clima, su bajo costo inicial y por extenderse rápidamente sobre cualquier superficie de manera horizontal. Así también, es muy tolerante al paso periódico de personas, por lo que su aplicación en techos verdes extensivos resulta una buena elección sobre todo en proyectos que consideran usos sobre estos, como un lounge, una zona de parrilla, una zona de yoga, que inducen al tránsito de personas por estos espacios. A efectos de su instalación, se puede mencionar que su presentación se da en bloques de 0.50x0.50m, por lo que para cubrir 1 m<sup>2</sup> se requieren de 4 bloques.

En cuanto al sustrato, demanda de poca preparación y pocos nutrientes. Sin embargo, el mantenimiento sugiere un abono con materia orgánica como mínimo 2 veces al año y un riego constante, cada 2 días en verano y cada 4 en invierno, para así asegurar un crecimiento sano y parejo. Un sector pequeño del caso de estudio, presenta techo verde semi-intensivo. Se trata de 10 m<sup>2</sup> de jardín seco con mulch marrón y con presencia de una especie vegetal conocida como cola de zorro, que presenta como características, un riego medio y puede estar ubicada a pleno sol o en sombra parcial (Fig. 106). Al ser una arbustiva perenne y de aspecto ornamental, se colocó frente al Hall de Ascensores de manera estratégica. El mulch orgánico en este caso, aporta un acolchado que trae beneficios como una menor evaporación del agua del sustrato y mejor control de la humedad, disminuyendo el riego. En el caso de estudio, son 8 las especies vegetales consideradas.



Fig. 105. Techo verde extensivo de Black. Fuente: Fotografía arch. propio

Fig. 106. Techo verde semi-intensivo de Black. Fuente: Fotografía arch. propio

Fig. 107. Vegetación utilizada en el caso de estudio. Fuente: Vivero Los Inkas

Con respecto a las 7 especies vegetales restantes, se puede mencionar que no están colocadas en el mismo sistema de techo verde, sino en macetas de cemento, algunas alargadas y otras cilíndricas de mayor altura. Si bien no están insertadas en el sustrato, su posición fija en macetas no removibles, contribuye de igual manera con la absorción de CO<sub>2</sub>. Esta es una práctica bastante común en el mercado de Lima, y una muestra de la falta de confianza y desconocimiento que existe aún en la implementación de techos verdes. En cuanto a las exigencias de riego y sol de estas especies vegetales, se puede mencionar que son muy variadas, tal y como se aprecia en el análisis gráfico realizado (Fig. 107). Como característica visual, la vegetación escogida, busca exponer texturas rugosas, otras llanas, otras muy ligeras y otras de aspecto puntiagudo, por lo que brindan un aspecto armonioso y lleno de color. Con esto último se hace referencia a que las especies vegetales escogidas, presentan flores de colores muy vivos, como el rosado en el caso de la buganvillea, el blanco con amarillo en el caso del frangipani, el naranja, las tonalidades moradas y la forma del ave del paraíso y distintos matices de verdes apreciados en el liriope verde, la oreja de elefante, lengua de suegra y yuca verde. A pesar de estar colocadas estas especies vegetales en macetas, se aprecia en los planos, un criterio de ubicación basado en la altura, la sombra que brindan y los diámetros de copa que presentan (Tabla 22), con la finalidad de que la vegetación no perjudique el mobiliario planteado.

| <b>Especie vegetal</b> | <b>Nombre Botánico</b>          | <b>Nombre Común</b>      | <b>Diámetro</b> | <b>Altura</b> | <b>Cantidad</b>                  | <b>CO<sub>2</sub> Unit.</b>                                    | <b>CO<sub>2</sub> Total capturado</b> |
|------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|----------------------------------|--|---------------------------------------|
| ÁRBOL PEQUEÑO          | <i>Plumeria obtusa</i>          | <i>Frangipani</i>        | 2.10 m          | 2.5-4.0 m     | 8 unid.                          | 29.30  | 234.60 kg/año                         |
| HERBÁCEA               | <i>Alocasia odora</i>           | <i>Oreja de elefante</i> | 0.60 m          | 0.3-2.5m      | 8 unid.                          | 25.00  | 200.00 kg/año                         |
| ENREDADERA             | <i>Buganvillea glabra</i>       | <i>Bunganvillea</i>      | 1.70 m          | 1.0-1.5 m     | 10 unid.                         | 31.50  | 315.00 kg/año                         |
| HERBÁCEA               | <i>Liriope muscari</i>          | <i>Liriope</i>           | 0.50 m          | 0.2-0.3 m     | 10 unid.                         | 19.20  | 192.00 kg/año                         |
| ARBUSTIVA              | <i>Asparagus densiflorus</i>    | <i>Cola de zorro</i>     | 0.50 m          | 0.4-0.6m      | 20 unid.<br>(10 m <sup>2</sup> ) | 40.00  | 800.00 kg/año                         |
| HERBÁCEA               | <i>Strelitzia reginae</i>       | <i>Ave del paraíso</i>   | 1.00 m          | 2.0-2.5 m     | 23 unid.                         | 18.80  | 432.40 kg/año                         |
| SUCULENTA              | <i>Yucca elephantipes</i>       | <i>Yuca verde</i>        | 0.85 m          | 1.0-1.5 m     | 3 unid.                          | 31.80  | 95.00 kg/año                          |
| SUCULENTA              | <i>Sansevieria Trisfasciata</i> | <i>Lengua de suegra</i>  | 0.60 m          | 1.0 m         | 5 unid.                          | 22.60  | 113.00 kg/año                         |
| CUBRESUELO             | <i>Stenotaphrum secundatum</i>  | <i>Grass americano</i>   | -               | -             | 420 m <sup>2</sup>               | 5.00   | 2 100.0 kg/año                        |
|                        |                                 |                          |                 |               | <b>TOTAL</b>                     | <b>Área verde: 430 m<sup>2</sup><br/>87 especies vegetales</b> | <b>4 482.00 kg/año</b>                |

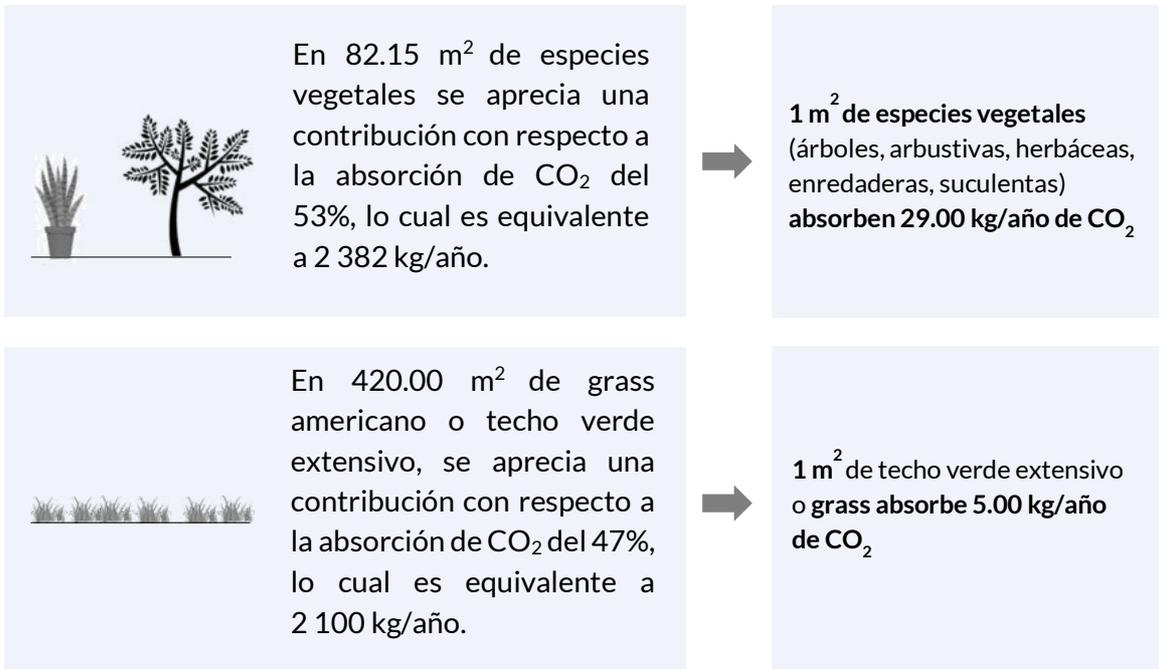
Tabla 22. Vegetación utilizada y CO<sub>2</sub> capturado. Fuente: Compilación propia

Al tratarse el trabajo de investigación acerca de la importancia que presentan los techos verdes frente a la reducción de la contaminación ambiental, es que se considera necesario elaborar una tabla, donde figuren de manera detallada la cantidad de especies vegetales colocadas en el caso de estudio, así como el CO<sub>2</sub> que cada una de estas puede capturar (Tabla 99). Con la sumatoria de datos, se llega a calcular que es posible absorber un total de 4 482 kg/año de CO<sub>2</sub> en los 430 m<sup>2</sup> de paisajismo desarrollados en la azotea del proyecto Black. A grandes rasgos y desde el punto de vista medioambiental, su capacidad de absorción al año puede llegar a ser 1 tonelada de CO<sub>2</sub> por cada 100 m<sup>2</sup> de área verde.

Acerca de este total, es importante disgregar los resultados para una mejor comprensión.

- Sólo con los sectores de grass americano (420 m<sup>2</sup>) y considerando que 1m<sup>2</sup> absorbe al año 5 kg de CO<sub>2</sub>, se puede decir que el techo verde extensivo del proyecto Black”, puede absorber 2 100 kg/año de CO<sub>2</sub>, lo que significa que por cada 100 m<sup>2</sup> se absorben al año aproximadamente media tonelada de CO<sub>2</sub>.
- Se aprecia que 2 382 kg/año de CO<sub>2</sub>, corresponden a la absorción de las 87 unidades de especies vegetales que fueron colocadas en macetas, cifra que representa un 53% del total absorbido de CO<sub>2</sub>. A pesar de ser una cantidad reducida en comparación con los 420 m<sup>2</sup> de grass, los 8 tipos de plantas representan el mayor porcentaje de absorción de CO<sub>2</sub> del caso de estudio. Cabe señalar que esta cifra incluye los 10 m<sup>2</sup> de jardín seco que registra el proyecto.

- Si se multiplica la cantidad utilizada de cada especie vegetal por sus respectivos diámetros, se obtiene que 82.15 m sería la superficie necesaria para albergar las 87 unidades de especies vegetales. Esta cifra muestra que la capacidad de absorción de los arbustos, árboles pequeños, suculentas y herbáceas del proyecto, es 6 veces más en comparación con la cubierta extensiva de grass.



Incluir en el caso de estudio las 87 unidades de especies vegetales como parte del sistema de techo verde, hubiera sido factible dada la altura de 25 cm que presenta el sustrato. Como lo señala la Ordenanza N°437.2016 de San Isidro, se considera como techo verde semi-intensivo aquel que muestra un sustrato entre los 15 y 30 cm (Fig. 108). Cabe señalar que, en este caso, de haber considerado un techo verde semi-intensivo no hubiera sido necesario reforzar la losa maciza, ya que la carga proyectada desde un inicio, consideraba varias macetas de cemento, que por propias características aportaban un peso adicional a la estructura.

| CARACTERÍSTICAS                  | TIPOS DE CUBIERTA VERDES  |                                |   |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---|
|                                  | EXTENSIVA                 | SEMIINTENSIVA                  | INTENSIVA                               |
| Espesor del sustrato             | 7-15 cm                   | 15-30 cm                       | >40cm                                   |
| Altura de crecimiento de plantas | 5-50 cm                   | 5-100 cm                       | 5-400 cm                                |
| Cobertura vegetal                | Crasuláceas               | Crasuláceas, pastos y arbustos | Crasuláceas, pastos, arbustos y árboles |
| Carga adicional                  | 110-140 kg/m <sup>2</sup> | 250 kg/m <sup>2</sup>          | >250kg/m <sup>2</sup>                   |

Fig. 108. Características mínimas de techos verdes. Fuente: Ord. N° 437.2016-MSI

Por otro lado, desde el punto de vista del desarrollo de las especies vegetales, se hubiera podido lograr una mejor sinergia entre las plantas, ya que al crecer en combinación con la cubierta de grass y al no estar colocadas en macetas que podrían cambiar de ubicación, el microclima creado esta vez, sería permanente, fomentando la biodiversidad y un sistema auto-regulable en términos de nutrientes, agua, eliminación de plagas y de cuidado mutuo entre las especies vegetales del caso de estudio. Esto se debe a que en macetas es muy común que las plantas compartan espacio, por lo que se sienten restringidas y compiten por los nutrientes y por el agua que necesitan, aspecto que perjudica su normal desarrollo, notándose por ejemplo en alargamientos indebidos, que demuestran una pérdida de biomasa y por lo tanto una menor capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>. Además, muchas veces

en macetas, el drenaje del sustrato y su composición, no es el adecuado, por lo que termina no solo afectando su desarrollo, sino marchitándose.

Con el cálculo realizado también se puede llegar a entender que desde el punto de vista medioambiental no es tan benéfico colocar techos verdes únicamente con grass, ya que, por su poca biomasa, absorben muy poco CO<sub>2</sub> y requieren de mucha agua para un adecuado mantenimiento, perjudicando así el ahorro hídrico, que es tan importante en proyectos sostenibles. Su contribución se aprecia y se potencia al estar asociado con otras especies vegetales en la misma cubierta, por lo que cubiertas semi intensivas o intensivas que contengan pequeños árboles y arbustos, son las que tienen la mayor capacidad de absorción del CO<sub>2</sub>. Tener en cuenta el clima, la cantidad de nutrientes, agua que necesitan, así como su mantenimiento, serán los factores limitantes o potenciadores de su capacidad como sumideros de carbono en las ciudades. Es por esta razón que la elección de la vegetación a utilizar en un proyecto es muy relevante, sobre todo si el proyecto se encuentra ubicado en una zona como San Isidro, donde se busca disminuir la contaminación ambiental causada por el alto tránsito diario de personas y de vehículos.

El caso de estudio, es un ejemplo que se repite en diversas edificaciones de la ciudad de Lima, donde aún se tiene la idea, que colocar un techo verde significa poner sólo grass en la azotea. Lo mencionado sirve para erradicar la idea errónea que se tiene. Si bien es un aporte que mejora “la quinta fachada”, genera espacios de esparcimiento, reduce el efecto isla calor y la escorrentía, no contribuye significativamente a mejorar la calidad del aire.

Según la “Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero” de la EPA, la sumatoria mencionada de 4 482 kg/año de CO<sub>2</sub> corresponden a 11 122 millas recorridas por un vehículo promedio. Esto significa que con el techo verde extensivo del caso de estudio más las especies vegetales colocadas, se ha logrado disminuir un CO<sub>2</sub> equivalente a 17 899.124 km anuales, un recorrido aproximado de año y medio de un vehículo promedio. Es decir, por cada kg/año de CO<sub>2</sub> se está absorbiendo el equivalente a lo emitido por un carro de gasolina en un trayecto de 4.00 km. Para un mayor entendimiento se muestra a continuación un extracto de otras equivalencias resultantes (Fig. 109).



Fig. 109. Equivalencias del CO<sub>2</sub> capturado por el caso de estudio. Fuente: EPA

## 4.3. ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO

### 4.3.1. Análisis de los beneficios conseguidos con los techos verdes

Considerar techos verdes en este edificio ha traído diversos beneficios tanto para los desarrolladores, como para los inversionistas y los ocupantes. Se han dado beneficios económicos, sociales y ambientales, los cuales se reflejan algunos en corto plazo y otros se irán reflejando a lo largo de la vida útil de la edificación, es decir a largo plazo.

#### 4.3.1.1. Beneficios Económicos

Entre los principales beneficios económicos que trajo la implementación de techos verdes, se puede mencionar al incremento del valor de venta de los departamentos en comparación con las edificaciones estándar. Se calcula que, con su aplicación en el caso de estudio, se incrementó aproximadamente un 20% el valor de un departamento. Otro beneficio fue la mayor rapidez del cierre de las ventas y pre-ventas. Estos últimos factores fueron muy importantes, ya que el cierre de venta rápido permitió contar con la entrega de la cuota inicial, es decir “de caja para disponer efectivo”. En el segundo caso, al acreditarse rápido la entrega de las preventas requeridas, más rápida fue la entrega del adelanto o del efectivo acordado en la estructura de inversión por parte del banco que financió parte de la construcción. Así también se generó un retorno de capital más rápido a los inversionistas que apostaron por el proyecto.

Cabe mencionar que cuando se culminó el proyecto, ya se contaba con más del 95% de los departamentos vendidos, quedando un mínimo restante, entre los cuales se encuentran 2 de los 6 dúplex, cuya área difiere en el doble de los demás departamentos. Por ejemplo, un dúplex de 2 dormitorios presenta un área de 120 m<sup>2</sup> en lugar de 60 m<sup>2</sup>, por lo cual su precio es significativamente mayor y muchas veces dificulta su rápida venta.

Por otro lado, la aplicación de techos verdes permite a largo plazo, extender la vida útil de la azotea del proyecto, al sufrir un menor desgaste a causa de una menor exposición frente a la radiación solar y al clima en general y por ende se involucran menores costos de mantenimiento. Así también se considera que el proyecto durante su vida útil podrá reducir una proporción del consumo de energía, al funcionar los techos verdes como aislantes térmicos, sobre todo aquellos departamentos ubicados en el nivel inmediato inferior, podrán reducir su demanda de energía o el posible uso de ventiladores, equipos de refrigeración o calefacción, al tener mayor confort en sus ambientes. Esto los beneficia directamente, al poder alcanzar menores costos en sus tarifas de servicios.

Por lo comentado, se aprecia que existe una demanda por edificios multifamiliares sostenibles con techos verdes, aspecto que alienta a los desarrolladores e inversionistas en la obtención de beneficios económicos cada vez mayores.

## Relación costo-beneficio de la inversión en el caso de estudio

Para poder calcular el costo-beneficio de la aplicación de techos verdes, se realiza una comparación contra un edificio convencional que no contempla techos verdes y muestra acabados muy similares. Esto se realiza con la finalidad de establecer la diferencia de precio por m<sup>2</sup> que existe entre ambas opciones ubicadas en una misma zona del distrito.

| <i>ED. MULTIFAMILIAR CONVENCIONAL (SIN TECHO VERDE)</i> |             |            | <i>CASO DE ESTUDIO – ED. MULTIFAMILIAR BLACK</i> |             |            |
|---|-------------|------------|--|-------------|------------|
| 1 departamento de 100.00 m <sup>2</sup>                 | S/. 730 000 | \$ 208 000 | 1 departamento de 45.00 m <sup>2</sup>           | S/. 404 000 | \$ 115 000 |
| Precio del Inmueble por m <sup>2</sup>                  | S/. 7 300   | \$ 2 085   | Precio del Inmueble por m <sup>2</sup>           | S/. 8 978   | \$ 2 565   |

Tabla 23. Departamentos en San Isidro. Fuente: Datos públicos urbania.pe

Como se puede apreciar en el cuadro, el valor de un departamento por m<sup>2</sup> en un edificio que implementa techos verdes en su azotea, aumenta aproximadamente en \$480 (Tabla 23). Este incremento en el valor, se le puede atribuir a los techos verdes y a todos los nuevos servicios y espacios comunes generados que lo acompañan y que se plantean a beneficio de los ocupantes, que en este caso vendrían a ser todos los residentes.

Con respecto a los costos que se deben asumir a raíz de su implementación, se consideran a grandes rasgos 3 paquetes de gastos. Uno referido a los componentes del sistema de techo, otro referido al sistema de riego y su instalación y un último que hace referencia al suministro e instalación del sustrato y especies vegetales, cuya sumatoria aproximada da un costo de implementación de S/.203 000 para los 420 m<sup>2</sup>. Esta cifra equivale aproximadamente a S/.480 o \$138 por m<sup>2</sup> de techo verde en el caso de estudio.

La resultante entre lo obtenido de ingresos adicionales y los costos por su implementación, da un resultado favorable de \$342 por m<sup>2</sup> aproximadamente.

Cabe mencionar que esta cifra no considera los costos estructurales que podrían haberse derivado del reforzamiento de la losa a fin de soportar la carga adicional que involucra un techo verde.

### **4.3.1.2. Beneficios Sociales**

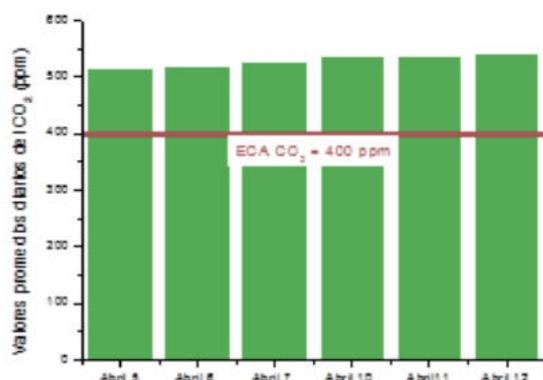
Con la implementación de techos verdes en el caso de estudio, se ha permitido mejorar el acabado y la estética de la azotea o quinta fachada, aspecto que otorga a los residentes la posibilidad de mejorar la calidad del aire que respiran, así como su salud al disminuir el estrés, sobretodo en este tiempo de pandemia donde se han restringido las salidas a la calle y más personas laboran desde sus casas. Contar con techos verdes se asocia con mejores índices de productividad y brinda la oportunidad de gozar de un espacio al aire libre, donde se puede contemplar la naturaleza y la ciudad desde lo alto. Por estas razones se ha comenzado a valorar aún más su incorporación en futuros proyectos.

Anteriormente se comprobó que los techos verdes del caso de estudio contribuyen a la absorción de CO<sub>2</sub>. Desde la culminación del proyecto, hasta el día de hoy han pasado 10 meses, por lo que se estima que, a la fecha, se van reduciendo 3 735 kg de CO<sub>2</sub> de los 4.482 kg de CO<sub>2</sub> anuales calculados.

Conocer la situación de San Isidro en base al Estándar de Calidad del Aire (ECA) fijado por la OMS, es un dato de gran relevancia debido a que evidencia que en San Isidro se excede el valor máximo permitido de dióxido de carbono en aproximadamente en un 30% (Fig. 110). El valor promedio de CO<sub>2</sub> según la ECA no debe de sobrepasar los 400 ppm. En la muestra tomada se aprecia que en San Isidro se tiene un promedio de 517 ppm, por lo que se considera como alto (Fig. 111). Estas cifras corresponden a un estudio privado realizado por la Universidad del Pacífico (UP) del Perú que data del año 2017, año del que se toman también todas las cifras indicadas a lo largo del presente estudio.



Esto demuestra que se tiene una concentración de CO<sub>2</sub> en San Isidro preocupante, sobre todo por su tendencia creciente de emisiones a raíz del congestionamiento vehicular.



Contribuciones como la aplicación de techos verdes en nuevos proyectos y acciones complementarias que ya están siendo incentivadas por los organismos municipales, son bienvenidas a fin de poder cumplir con la meta global establecida en Acuerdo de París del 2015 y así colaborar también con el déficit que se tiene en San Isidro de 7 m<sup>2</sup> por habitante de áreas verdes.

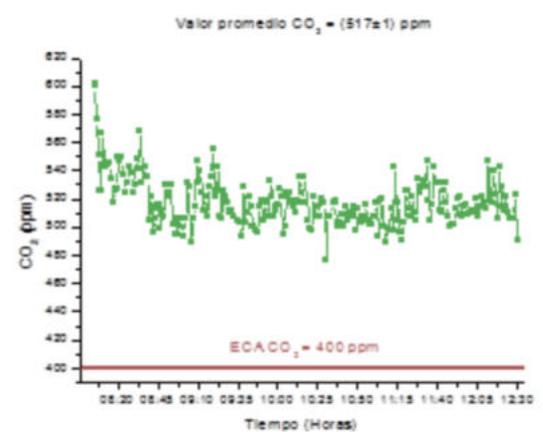


Fig. 110. Sensor de calidad de aire. Fuente: Univ. del Pacífico

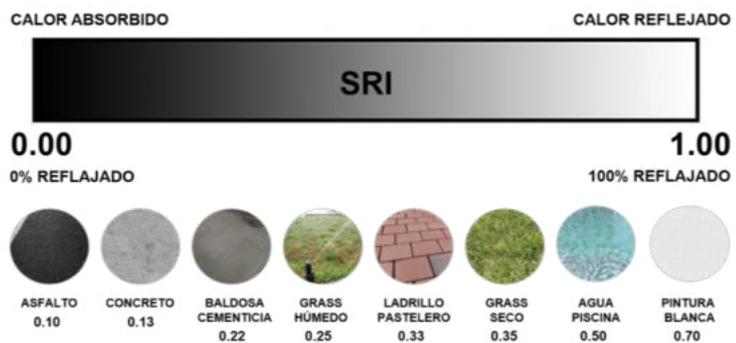
Fig. 111. Valores promedios de CO<sub>2</sub> diarios (Muestra 06/04/17). Fuente: Documento de discusión “Uso de sensores electroquímicos de bajo costo para el monitoreo de la calidad de aire en el distrito de San Isidro, Lima – Perú” Universidad del Pacífico

### 4.3.1.3. Beneficios Ambientales

Con la aplicación de techos verdes se reduce en un 50% las zonas pavimentadas del caso de estudio, lo que permite reducir el efecto “Isla de calor” que se da en zonas urbanas como San Isidro. Hasta hace unos años, la mayoría de las edificaciones presentaban un acabado de concreto en sus azoteas o en el mejor de los casos tenían pavimentos como ladrillo pastelero o tejas. En este edificio multifamiliar se aprecia ya el cambio que se viene produciendo a raíz de los incentivos para edificaciones sostenibles. Es así como se aprecia en la azotea, una zona muy reducida con acabado de baldosas y ladrillo pastelero. Este último corresponde a los techos de los ambientes ubicados en la azotea como el último nivel de los dúplex y los techos de las áreas comunes donde se encuentran las salas de juego, gimnasio, baños, entre otros, que se muestran achurados de plomo en el plano (Fig. 112).



En la azotea no sólo se encuentran sectores con techo verde y especies vegetales, sino también se han considerado acabados y materiales que muestran un Alto SRI o Reflectancia Solar (Fig. 113), como una superficie considerable de



agua en la zona de la piscina y acabados de pintura blanca en todas las paredes de la azotea. Las decisiones tomadas en base a los acabados, son positivas porque en conjunto con los techos verdes, permiten que muy poco calor sea absorbido por la edificación y sea transmitido hacia los ambientes y atmósfera, por lo que no se contribuye con el caso de estudio a variar la temperatura como sí lo hacen las edificaciones convencionales.



Fig. 112. Azotea del caso de estudio. Fuente: Archivo Black, PDK

Fig. 113. Reflectancia Solar. Fuente: Resumen elaboración propia

Fig. 114. Diferencia de calor transmitido. Fuente: Green Roofs EPA



De hacerse una medición infrarroja en el caso de estudio, se observaría que, con la aplicación de techos verdes, menos calor es transferido al ambiente, al ser un material más frío en relación al pavimento (Fig. 114). Como se aprecia en la medición realizada en el Chicago City Hall, se aprecia en morado oscuro las zonas con techo verdes, mientras que en amarillo intenso se muestran las zonas pavimentadas donde el calor emitido es muy superior. Así también con la aplicación

de techos verdes se ha logrado reducir la escorrentía que se generaba en una cubierta pavimentada, motivo por el cual se disminuye también el caudal que se dirige hacia las redes del alcantarillado. Por otro lado, se ha contribuido con el fomento de la biodiversidad y se ha restaurado el equilibrio y el hábitat de seres vivos como insectos o aves polinizadoras, que se había perdido a raíz de la construcción sobre el terreno natural. Su presencia aporta con mantener el ciclo ecológico natural, aportando oxígeno al medio ambiente. Al utilizar vegetación como parte de la cubierta, se logra reducir las posibles variaciones de humedad y la temperatura, transformándola en un espacio agradable y confortable de estar, a partir del microclima generado.

#### **4.3.2. Oportunidades aprovechadas, limitaciones y áreas de mejora**

##### **Oportunidades aprovechadas por el caso de estudio**

- Al cumplir los requerimientos de sostenibilidad y al ubicarse el proyecto dentro de la Zona ZEN fue posible desarrollar un edificio multifamiliar con áreas muy pequeñas por departamento (desde 45m<sup>2</sup>), aspecto que en otro momento hubiera sido imposible conseguir el permiso por parte de la municipalidad. De esta manera se facilitó una vivienda para muchas personas cerca de su lugar de trabajo, se mejoró la rentabilidad del desarrollador al hacer mayor cantidad de departamentos en una zona con alta demanda y se puso en práctica una nueva manera de diseñar pensando en el medioambiente, sin dejar de lado el confort de las personas.
- Se aprovechó el nivel bajo de exigencia que tenían las primeras ordenanzas municipales en temas de sostenibilidad. La valla a superar por los proyectos era baja con respecto a estándares internacionales y ordenanzas actuales, por lo que lograr los requerimientos solicitados no implicaba mayor complejidad.
- Al ser el caso de estudio, considerado como un proyecto sostenible para la Municipalidad de San Isidro, se pudo aprovechar una mayor atención y celeridad en temas de trámites y licencias municipales.
- El caso de estudio aprovecha la buena ubicación y un suelo urbanizado con luz y agua, esto es muy importante si tenemos en cuenta que en general Lima tiene pocos terrenos con las condiciones mencionadas.
- Se aprovecha también, su ubicación en San Isidro, un distrito que se preocupa por tener un plan de desarrollo urbano y emitir nuevas ordenanzas, que contemplen por ejemplo actualizaciones en temas de sostenibilidad. Cabe mencionar que sólo el 12% de las Municipalidades del Perú tienen un plan de desarrollo urbano.

## Limitaciones encontradas

- El terreno tenía que estar situado como requisito dentro de la Zona ZEN para poder acogerse a los incentivos municipales, previo cumplimiento de los requisitos de sostenibilidad exigidos.
- La escasez de terrenos conlleva a que se sumen predios al buscar un terreno propicio para el desarrollo de proyectos inmobiliarios. Esto implica mayores trámites legales y burocráticos.
- En el mercado aún son pocos los profesionales y técnicos con conocimientos en temas de sostenibilidad por lo que no se da en todos los casos un proceso de diseño integrativo desde la fase inicial. Sumado a esto se puede mencionar que existe una escasez de mano de obra calificada y capacitada en temas de sostenibilidad.
- Poco conocimiento por parte de la sociedad en proyectos sostenibles, por lo que se genera desconfianza y la creencia de altos costos en su implementación.
- Al no contar con un manual de buenas prácticas consolidado, hay errores que todavía se solucionan en campo, incrementando los costos y el tiempo de entrega.

## Áreas de mejora

- Al ser los temas de sostenibilidad relativamente nuevos en el mercado de Lima, se ve como un área de mejora la opción de concientizar y capacitar a los residentes del proyecto en temas de reciclaje, ahorro de agua, ahorro de energía, así como el uso de vehículos no motorizados como bicicletas, que en el caso de estudio son proporcionadas por el desarrollador. Así también, el desarrollo del proyecto permitió identificar tanto a los técnicos como a los profesionales, los temas que deben reforzar o mejorar su destreza, a fin de poderlos aplicar en futuras edificaciones.
- Como área de mejora para futuros proyectos en la Zona ZEN, se podrían considerar techos verdes que capten, almacenen y reutilicen el agua de lluvia, para así poder disminuir el consumo de agua potable y cubrir parte de la demanda de los aparatos sanitarios y de limpieza. Cabe señalar que estas modificaciones se podrían realizar de la mano con la implementación de dobles tuberías, que permitan reutilizar las aguas grises de los lavaderos y duchas del proyecto, así como la implementación de una planta de tratamiento de agua que permita su filtración y potabilización en el mismo sitio. Así se estaría disminuyendo el consumo de agua potable de red, la carga del alcantarillado y se tendría un uso más eficiente del agua en la edificación, aspecto muy importante si se tiene en cuenta que el distrito de San Isidro es uno de los distritos con mayor consumo de agua potable de Lima, tal como lo señala SEDAPAL, empresa que provee el servicio y menciona que “San Isidro fue el distrito con mayor consumo de agua: llega hasta los 346 litros por persona al día, superando el doble de lo recomendado” (LIMA CÓMO VAMOS, 2017, págs. 22-31).

- Como otra área de mejora, se considera el reemplazo del sistema de aspersión y al sistema de riego manual por la implementación de un riego por goteo enterrado, cuya eficiencia es del 95% vs. 80% y 30% respectivamente. Esta mayor eficiencia permitirá tener un ahorro mayor de agua.
- Para un mejor desempeño de la cubierta vegetal desde el punto de vista medioambiental y económico, se deben utilizar las especies vegetales que mejor se adapten a clima del lugar, en este caso San Isidro. Así también las que capturen mayor cantidad de CO<sub>2</sub> y aquellas que requieran de poca agua y poco mantenimiento.
- En el caso de estudio se aprecia que los techos verdes de los dúplex son en su totalidad de tipo extensivo, es decir sólo cuentan con grass americano, lo cual no es del todo conveniente porque en lugar de funcionar como sumideros de carbono muchas veces por el mantenimiento, la poda y los fertilizantes que requieren podrían llegar a emitir más CO<sub>2</sub> del que capturan, por lo que se recomienda su aplicación en combinación con otras especies vegetales que permitan mejorar la calidad de aire y disminuir el consumo de agua y mantenimiento.
- Como se mencionó anteriormente, se encuentra como área de mejora la remoción de las macetas de cemento y la inclusión de todas las especies vegetales en el mismo sistema de techo verde extensivo del caso de estudio, cuyo espesor de 25 cm permite su colocación y conversión en un techo verde semi-intensivo, cuyo mantenimiento y riego es menor al funcionar como un sistema auto regulable (Fig. 115).



Fig. 115. Especies vegetales en macetas en Black. Fuente: Fotografías archivo propio

#### 4.4 CONTRIBUCIÓN DEL TECHO VERDE PARA OBTENER LA CERTIFICACIÓN LEED DEL CASO DE ESTUDIO

Si bien el caso de estudio cumple con los requisitos de sostenibilidad exigidos por la Municipalidad de San Isidro, es importante mencionar que no se mide bajo un estándar de Certificación Internacional Sostenible, como lo es la Certificación LEED. A pesar de esto, se aprecian estrategias para la reducción de energía, agua, manejo de residuos y otros como la implementación de techos verdes, que de aplicar a una certificación generarían valiosos puntos a favor del proyecto.

**SUSTAINABLE SITES (SS)**

Puntos LEED v4 posibles: hasta 8 puntos

SSc2

Site development - Protect or restore habitat

2 puntos

✓ SI SE PODRIA  
OBTENER EL PUNTAJE

Al promover la biodiversidad e incluir plantas nativas que se adaptan al clima de San Isidro que requieren poca agua y poco mantenimiento, se busca restaurar la zona urbana y alargar la vida útil de la cubierta.

SSc3

Open space

1 puntos

✓ SI SE PODRIA  
OBTENER EL PUNTAJE

Con la implementación de techos verdes, si se está fomentando la promoción de espacios abiertos y el desarrollo de la biodiversidad.

SSc4

Rainwater management

3 puntos

✓ SI SE PODRIA  
OBTENER EL PUNTAJE

Con techos verdes en la cubierta, se minimizan las superficies impermeables y se reduce la escorrentía de agua pluvial.

SSc5

Heat Island reduction

2 puntos

✓ SI SE PODRIA  
OBTENER EL PUNTAJE

Al implementarse más del 50% de la cubierta como techo verde, se tiene una mayor reflectancia solar (SRI) y se logra reducir las fluctuaciones de temperatura del ambiente y por ende el efecto isla de calor presente en San Isidro, causado a partir de una infraestructura con gran cantidad de edificios, zonas pavimentadas y concentración de distintos usos. Lo solicitado en los requerimientos mínimos de la normativa de San Isidro, favorece el cumplimiento de lo solicitado por LEED.

**WATER EFFICIENCY (WE)**

Puntos LEED v4 posibles: 2 puntos

WEp1c1

Outdoor water use reduction

2 puntos

✗ NO SE PODRIA  
OBTENER EL PUNTAJE

En el proyecto se utiliza agua potable para el riego de techos verdes. No se registran dobles tuberías, es decir no se cuenta con instalaciones sanitarias que permitan la reutilización de aguas grises, ni se aprovecha las aportaciones de agua de lluvia, por lo que no se reflejan ahorros en las facturas.

**ENERGY AND ATMOSPHERE (EA)**

Puntos LEED v4 posibles: hasta 18 puntos

EAp2c2

Minimum and Optimize energy performance

Hasta 18 puntos

✓ SI SE PODRIA  
OBTENER EL PUNTAJE

Con la aplicación de techos verdes se pueden lograr mayores niveles de eficiencia energética con respecto a las edificaciones estándar. Dado que el caso de estudio trata de un edificio de vivienda multifamiliar, este beneficio sólo lo gozan las unidades de vivienda inferiores e inmediatas a las cubiertas verdes.

**MATERIAL AND RESOURCES (MR)**

Puntos LEED v4 posibles: 2 puntos

**MRc5 (LEED v2)****Crédito NO vigente**

✘ NO SE PODRIA  
OBTENER EL PUNTAJE

Los materiales que se utilizan en el techo verde, no son fabricados ni ensamblados en Perú, por lo que no se cumple con el criterio de materiales regionales o locales dentro de las 500 millas. La producción más cercana es del Manto Asfáltico Impetek Super k2500, que se encuentra en Ecuador, a más de 800 millas de Lima.

**MRc2 y MRc4****Building product disclosure and optimization - Environmental product declaration**

2 puntos

✘ NO SE PODRIA  
OBTENER EL  
PUNTAJE DE MANERA  
INMEDIATA, ES  
NECESARIO QUE  
SE ANALICEN OTROS  
PRODUCTOS CON EPD

La impermeabilización y protección de la losa de concreto se realiza con Mapelastic Smart, una membrana de cemento flexible de baja emisión que se aplica con rodillo y que tiene en su contenido material reciclado. Este material cuenta con una Declaración Ambiental de producto (EPD) y cumple con ISO 14025/EN15804. Este es uno de los productos permanentes con EPD del proyecto, por lo que contribuye y forma parte de los 20 solicitados por LEED. Por otro lado, el producto brinda en su ficha técnica una declaración de su contenido y de sus materiales de composición. Como capa drenante, en lugar de contar con una membrana alveolar o tipo vaso de polietileno de alta densidad (HPDE, uno de los polímeros plásticos más fáciles de reciclar a nivel mundial), se está utilizando un Geocompuesto Drenante MacDrain J. Este producto, al ser de polipropileno, no contribuye con la reducción de los impactos considerados como aceptables en los estándares.

**INNOVATION (IN)**

Puntos LEED v4 posibles: hasta 5 puntos

**INc1****Innovation**

5 puntos

✘ NO SE PODRIA  
OBTENER EL PUNTAJE

Los techos verdes podrían calificar para créditos de innovación al estar funcionando como espacios restauradores, recreativos, que mejoran el diseño, el paisaje y el estado de ánimo de las personas. De integrarse huertos urbanos en el edificio multifamiliar, se podría considerar como un programa educativo que genera conciencia, fomenta la biodiversidad y el autoabastecimiento de alimentos. De implementarse este último punto, la iniciativa le añadiría valor.

**Conclusión del análisis LEED:**

El sistema de techo verde instalado en más del 50% de la superficie de la cubierta garantiza en el caso de estudio 8 puntos LEED. Este puntaje representa una contribución del 20% si se estuviera aplicando a LEED Certified, que requiere un mínimo de 40 puntos.

## Valor agregado obtenido a partir de una Certificación Sostenible

El valor agregado que consigue un proyecto a partir de la obtención de una certificación sostenible, se puede apreciar desde diversos puntos de vista. Un proyecto al ser certificado, es medido bajo estándares internacionales, aspecto que permite comparar sus ahorros contra el resto de proyectos. Superando la línea base o los prerequisites establecidos por la certificación, recién se puede apreciar que tan sostenible es un proyecto en el mercado global, favoreciendo la competitividad y reforzando el compromiso de tomar acciones a fin de mitigar los efectos del cambio climático.

- Se puede mencionar que una certificación otorga una garantía de veracidad en términos de sostenibilidad, ya que muchas veces se da el caso de “Greenwashing”, es decir edificaciones que dicen ser sostenibles cuando realmente no lo son. El uso de placas y logos de certificación como una permanente publicidad garantiza la calidad de lo ofertado.
- Un proyecto sostenible muestra un valor intangible desde el punto de vista de las relaciones públicas, ya que le otorga a un proyecto “una imagen de marca”, mejorando el posicionamiento del proyecto en el mercado inmobiliario independientemente de la tipología de la edificación. Es así como el valor de la sostenibilidad se ve reflejado en inmuebles de mayor valor.
- Se incrementa el valor de venta de una edificación (20%) y se venden más rápido los proyectos. Esto significa una mayor rentabilidad para el desarrollador y un retorno más rápido de su inversión. Con la certificación LEED, se consigue una mayor tasa de ocupación (2.5%) en comparación a los edificios convencionales y un precio de alquiler más elevado (8%), cifras que corresponden al estudio económico de Nils Kok.
- Otorga la posibilidad de realizar un mejor marketing al tratarse de edificaciones de mejor calidad con respecto al promedio. En algunas certificaciones como EDGE, se puede promocionar un proyecto como certificado desde la obtención de la Certificación Preliminar. En el caso de LEED, por ejemplo, se puede colocar el logo LEED como señalización temporal de obra siempre y cuando se haga referencia a un proyecto LEED-registrado indicándose también “This Project is registered under the LEED® Green building program.”
- Se consigue compensar sin dificultad la mayor inversión inicial de los desarrolladores con los menores gastos incurridos en publicidad y los mejores precios de venta de los inmuebles. Se estima un incremento aproximado de la inversión del 2%.
- Se incrementa la productividad y la satisfacción de los ocupantes, al construir ambientes con mayor confort y donde se hallan implementado estrategias pasivas, así como ahorros de agua, luz y materiales no tóxicos, cuyo trasfondo es mejorar la calidad de aire interior, así como las condiciones de trabajo o habitabilidad en un proyecto.

- Se logra disminuir los costos operativos de la edificación durante su ciclo de vida. Este aspecto podrá ser aprovechado por los ocupantes al ver una reducción en sus tarifas mensuales de servicios como agua y luz.
- Como valor agregado, una certificación consigue restaurar la armonía entre los sistemas naturales y las actividades del ser humano, logrando un equilibrio entre las personas, el planeta y las ganancias económicas. Así también se logra proteger la biodiversidad, los ecosistemas y generar conciencia a partir de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los procesos aplicados fomentan el compromiso hacia la protección y restauración del medio ambiente y tienen como meta compartida el logro de un bienestar común. Aplicando a una certificación, se disminuyen los efectos negativos que trae consigo el proceso de la construcción y la obtención de los materiales bajo el enfoque “cradle to cradle”.

## 5. CONCLUSIONES

---

A través del caso de estudio analizado, se ha podido observar cómo los nuevos proyectos de Lima, están integrando cada vez más criterios de sostenibilidad, entre ellos los techos verdes. Al tratarse de temas que se están comenzando a implementar con mayor frecuencia, están surgiendo en el camino posibilidades de mejora que permiten consolidar el aprendizaje tanto de profesionales como de los mismos desarrolladores del sector de la construcción. Así también se ha podido apreciar la importancia de contar con especies vegetales como arbustos y árboles menores en los techos verdes de un proyecto. Su aplicación, mejora la apariencia de las quintas fachadas de las edificaciones de Lima y ofrece como valor añadido la capacidad de absorber como esponjas, la humedad, el ruido, así como los contaminantes urbanos y las partículas finas a través de sus hojas o cortezas.

El caso de estudio evidencia que no sólo se trata de colocar un manto verde de grass si se desea compensar parte del daño causado por las emisiones generadas del parque automotor, que es tan fuerte en San Isidro y de gran prioridad a resolver. Se trata más bien de promover y fomentar principalmente los techos verdes semi-intensivos en proyectos nuevos o existentes, considerando las especies vegetales que mejor se adapten al clima, que permitan absorber la mayor cantidad de CO<sub>2</sub> posible y que a su vez requieran de poca agua y poco mantenimiento. Dar a conocer estas consideraciones en las Ordenanzas que emiten las Municipalidades de Lima, sería un cambio bastante positivo y orientador, sobre todo para los profesionales involucrados y desarrolladores, quienes, al contar con información ya digerida, realizarían una mejor elección de la vegetación a utilizar, incluyéndola desde la etapa inicial en sus diseños.

La aplicación de techos verdes se vuelve aún más atractiva, cuando permiten compensar o complementar las estrategias que logran reducir los daños causados por el sector de la construcción en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, que se estiman aproximadamente en 30%. Construir considerando criterios de sostenibilidad, se está apreciando entonces como un filtro saludable para una industria en constante crecimiento que no puede parar por el poco stock de vivienda que presenta Lima, pero que sí puede generar menos emisiones al construir. Como lo comenta el INEI, en Lima se cuenta a la fecha con 3 millones 200 mil techos acabados en cemento o concreto armado, lo que contrasta con la reducida cantidad de techos verdes existentes y el gran potencial que existe, si la sociedad decide migrar de una azotea de cemento que absorbe gran cantidad calor, hacia una más fresca que considere un techo verde. Teniendo en cuenta que sólo un 30% de las construcciones de Lima son formales y que 2/3 corresponden a Lima Moderna, son entonces 640 000 techos los que conforman la demanda potencial. Si a lo comentado se le agrega la existencia de un déficit habitacional de más de 1 millón de viviendas, es fácil predecir que la construcción seguirá creciendo en los próximos años, por lo que urgen medidas concretas y sostenibles que contrarresten o sustituyan este crecimiento de cemento y concreto armado. Se puede mencionar que la implementación de techos verdes, no sólo funciona como una buena estrategia que reduce la contaminación ambiental, sino que también permite reducir la brecha de áreas verdes de zonas urbanas como San Isidro. Así, acercarse a lo señalado por la OMS de 9 m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante, se vuelve más factible.

Como lo menciona la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), se ha comprobado que vivir cerca de áreas verdes y tener acceso a ellas, permite mejorar la salud física y mental de las personas. Así también se crea un nuevo hábitat para plantas y animales en las azoteas, brindándoles una nueva oportunidad de protección y recuperando la biodiversidad urbana que se había perdido a raíz de la construcción. Con los techos verdes, el aire exterior se logra enfriar entre 2 °C y 8°C, lo cual es de gran relevancia en ubicaciones urbanas como la analizada, donde en poca superficie de terreno, hay gran cantidad de metros cuadrados construidos, zonas pavimentadas y edificaciones de muchos niveles. Como se mencionó en el estudio de las características climáticas, se tienen prácticamente dos estaciones bien marcadas en Lima, verano e invierno, por lo que reducir el efecto isla de calor, implica un mayor confort para los residentes y para la población flotante de San Isidro, al presentarse un menor incremento en la temperatura, que reduce el bochorno y la sensación de calor en comparación con zonas urbanas que muestran poca vegetación. Esto significa menor demanda de aire acondicionado y la posibilidad de una mayor ventilación natural, ya que abrir ventanas, se vuelve más viable y menos tóxico para la salud de las personas.

La situación actual de emergencia sanitaria, ha permitido que se valore más la importancia de contar con techos verdes en los nuevos formatos de vivienda multifamiliar. Beneficiarse de espacios al aire libre con cubiertas vegetales en las azoteas, ha otorgado a los residentes la oportunidad de respirar un aire más puro, apreciar la naturaleza, realizar alguna actividad recreativa y ver el cielo sin tener que salir de la edificación. Esto ha sido determinante para que muchas personas logren sobrellevar de una mejor manera el confinamiento, bajando también sus niveles de estrés, al haberse reasignado la gran mayoría de labores diarias, sean educativas o laborales, a los domicilios. Este cambio en la forma de vida, ha cuestionado y modificado las maneras convencionales de diseñar y ha permitido que la sociedad valore aún más contar con techos verdes, los cuales, si bien eran vistos como un gran cambio estético en una edificación que aportaba valor, no se apreciaban aún por su contribución desde el punto de vista social y medioambiental. Este tiempo de forzosa inmovilización, ha permitido entre otros aspectos, que más personas tengan disponibilidad para acceder a nuevos conocimientos a través de las redes, plataformas de conferencias, cursos virtuales, entre otros, que no hubieran sido posibles en otras circunstancias. Se puede decir que se ha fomentado así, un mayor debate en temas de sostenibilidad, lo cual ha generado en Lima, que Universidades agreguen estos temas en sus mallas curriculares y que nuevas Municipalidades consideren sumarse a esta nueva tendencia, elaborando Ordenanzas como las que ya cuenta San Isidro, por lo que se espera para el próximo año, políticas de desarrollo urbano más homogéneas y un crecimiento más sostenible y parejo.

Como reflexión final, se puede mencionar que la situación de los proyectos sostenibles y la mayor implementación de techos verdes, muestran que el Perú, se está alineando con los objetivos globales establecidos en el Acuerdo de París, que buscan reducir los efectos del cambio climático. El apoyo mutuo entre Normativas y Certificaciones Internacionales, han promovido que no se piense únicamente en términos comerciales al momento de construir, sino que se emplee un nuevo enfoque con mayor importancia en la salud de las personas y en el cuidado del medio ambiente.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

---

- (s.f.).
- Ahrendt, J. (Januar de 2007). Historische Gründächer: Ihr Entwicklungsgang bis zur Erfindung des Eisenbetons Teil I. *Doktorin der Ingenieurwissenschaften* . Berlin .
- Alberto Tejada, F. M. (08 de 05 de 2020). The Added Value of Certified Homes. (E. i. Perú, Entrevistador)
- Architecture 2030 . (08 de 09 de 2020). Conferencia Global - CarbonPositive RESET! 1.5° Global Teach-in. North & South America.
- BBC. (28 de 09 de 2016). *El mapa que muestra cuán contaminado está el aire que respiramos*. Recuperado el 02 de 08 de 20, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37501943>
- Bornkamm, R. (1961). *Vegetation und Vegetationsentwicklung auf Kies Dächern*. Göttingen.
- Brescia de Fort, R. (2015). *Paisajes verdes con poca agua. Tercera edición*. Lima: Walter H. Wust Ediciones.
- Caneell, M. (1999). *Growing trees to sequester carbon in the U.K.: Answer to common questions*. Scotland: Institute of Chartered Foresters.
- Carbajal, M. (2010). *Investigation into CO2 absorption of the most representative agricultural crops of the region of Murcia*. Murcia: Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC.
- Compañía Peruana de estudio de mercados y opinión pública. (2017). *Perú: Población 2017*. Obtenido de CPI: [http://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/mr\\_poblacion\\_peru\\_2017.pdf](http://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/mr_poblacion_peru_2017.pdf)
- Corbusier, L. (1931). *Towards a new architecture*. (T. f. Etchells, Ed.) New York: Dover Publications, Inc.
- Diario El Comercio. (5 de Noviembre de 2015). Techos con vida en Lima.
- Eisenstein, C. (20 de Abril de 2020). Climate: A new story with Charles Eisenstein. (G. Documentary, Entrevistador) Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=8IO6Y5baPO0>
- EPA. (August de 2018). Estimating the Environmental Effects of Green Roofs. A case Study in Kansas City, Missouri. *EPA-430-S-18-001*. United States of America: U.S. Environmental Protection Agency .
- EPA. (s.f.). *Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero*. Recuperado el 13 de 09 de 2020, de <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
- FAO en Perú. (2017). *Beneficios económicos, sociales y ambientales de plantar árboles en las ciudades*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 05 de 08 de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-c0024e.pdf>
- FLN, Hort Américas México / Microgreens. (25 de Agosto de 2020). Curso Huertos Urbanos. (B. H. Rivera, Ed.) Hermosillo, México.
- Gestión, R. D. (s.f.). *Senamhi: "El invierno de este 2019 es el de mayor humedad en los últimos 50 años"*. (Redacción Gestión) Obtenido de <https://gestion.pe/peru/senamhi-invierno-2019-mayor-humedad-ultimos-50-anos-nndc-274247-noticia/>

- ImperWorld. (24 de 09 de 20). *Manto asfáltico Super k2500 - Imptek*. Obtenido de <http://www.impermeabilizacion.com.pe/venta-de-manto-asfaltico-super-k2500-lima-peru.html>
- INAPMAS. (1998). Estrategias aplicables a la gestión ambiental de áreas verdes urbanas. En I. N. Salud. Lima: INAPMAS.
- Ingstad, H. (1967). *Die erste Entdeckung Amerikas*. Berlin: Deutsche Buch-Gemeinschaft.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Compendio Nacional Estadístico, Provincia de Lima*. Lima: INEI.
- IQAir Air Visual. (2018). *World Air Quality Report - Region & City PM2.5 Ranking*. Obtenido de <http://www.nuevoaire.cl/wp-content/uploads/2019/04/world-air-quality-report-2018-en-1.pdf>
- Jacobs, J. (1961). *Muerte y vida de las grandes ciudades* (2011 ed.). (Á. Abad, Trad.) Madrid, España: Gráficas Lizarra, S.L. Navarra.
- Juan Carlos Tassara, p. d. (06 de 2020). El desarrollo de la vivienda cambiará después de la cuarentena". (R. CONSTRUCTIVO, Entrevistador)
- Koch, H. (1894). *Handbuch der Architektur*. Darmstadt: Verlag von Arnold Bergsträsser
- LIMA CÓMO VAMOS. (2017). *Evaluando la Gestión en Lima y Callao. VIII Informe de resultados sobre calidad de vida*. Obtenido de <http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2018/11/InformeGestion2017.pdf>
- Maccaferri America Latina. (2017). *MacDrain J, Geocompuesto para drenaje*. Sao Paulo, Brasil. Obtenido de [www.maccaferri.com/br](http://www.maccaferri.com/br)
- Maestro, construye bien. (2018). *El alto riesgo de las viviendas informales*. Lima. Obtenido de <https://www.construyebien.com/blog/construccion-viviendas-informales/>
- Mapelastic Smart. (2019). *Environmental Product Declaration*. Obtenido de [environdec.com](http://environdec.com)
- Mejía, S. (2018). *Zonas verdes y calidad de vida*. Bogotá.
- Ministerio del Ambiente. (2005). *Ley General del Ambiente - Ley N°28611*. Lima.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2011). *Plan Nacional de Acción Ambiental PLANNA 2011- 2021*. Lima. Obtenido de MINAM: [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana\\_2011\\_al\\_2021.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf)
- Minke, G. (2004). *Techos Verdes*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo.
- Municipalidad de Miraflores. (2019). *Ordenanza N°510.2019-MM*. Lima.
- Municipalidad de San Isidro. (2016). *Plan de Movilidad Urbana de San Isidro 2016-2018*. Lima.
- Municipalidad de San Isidro. (30 de 01 de 2019). Campaña "Respira Aire Limpio". Perú. Obtenido de <http://msi.gob.pe/portal/2019/01/28/san-isidro-lanza-campana-respira-aire-limpio-en-el-dia-mundial-para-la-reduccion-de-co2/>
- Municipalidad Metropolitana de Lima . (18 de 09 de 2012). Ordenanza N°1628 . *Aprobación de la Política Metropolitana del Ambiente*, 11. Lima, Lima, Perú.
- Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. París: ONU.
- Naciones Unidas. (2017). *Nueva Agenda Urbana*. Quito: Habitat III. Obtenido de [www.habitat3.org](http://www.habitat3.org)

- Naciones Unidas. (2020). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020*. New York: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (DESA).
- National Geographic. (2019). *Así serían los Jardines Colgantes de Babilonia en la actualidad*. (G. Huguet, Editor) Recuperado el 06 de 09 de 2020, de [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/asi-serian-jardines-colgantes-babilonia-actualidad\\_14213/1](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/asi-serian-jardines-colgantes-babilonia-actualidad_14213/1)
- Neila González, F. J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima, Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL.
- OMS. (2006). *Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Ginebra, Suiza: Ediciones de la Organización Mundial de la Salud.
- ONU. (25 de 09 de 2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 20 de 08 de 12, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- ONU. (2020). *Ciudades Sostenibles: Por qué son importantes*.
- Perú GBC. (Setiembre de 2020). Programa de Fortalecimiento de Capacidades: Promoción de las Edificaciones Verdes a nivel Municipal. Lima, Perú.
- Sempergreen. (14 de 07 de 2020). *Cubierta Vegetal*. Obtenido de <https://www.sempergreen.com/es/soluciones/cubiertas-vegetales>
- Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de Calidad Educativa. (2018). *Caracterización de Lima Metropolitana*. Lima: SINEACE.
- Steudle E., P. C. (1998). *How does water get through roots?* Germany: Journal of Experimental Botany, Universität Bayreuth.
- UICN. (2011). *Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción*. San José, Costa Rica: Impresiones Unicornio.
- UNE. (2019). *Extracto del documento UNE-ISO 16000-6*. Madrid, España: Asociación Española de Normalización.
- UNEP. (2018). *Sustainable buildings*. (U. E. Programme, Editor) Recuperado el 29 de 04 de 2020, de <https://www.unenvironment.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/sustainable-buildings>
- UNICEF. (s.f.). *Medio ambiente y cambio climático*. Obtenido de <https://www.unicef.org/es/medio-ambiente-cambio-climatico>
- Universitat de Barcelona - Instituto de Formación Continua IL3-UB. (2019-2020). Documentación del Máster en "Certificación de Diseño Sostenible y Arquitectura Bioclimática". Barcelona, España.
- US Green Building Council. (2009). *LEED AP Building Design + Construction Study Guide*. Washington: USGBC.
- US Green Building Council. (14 de 09 de 2020). *USGBC*. Obtenido de <https://www.usgbc.org/credits?Version=%22v4.1%22&Rating+System=%22New+Construction%22>
- ZinCo. (2015). *Guía de Planificación, Sistema para cubiertas verdes extensivas*. Madrid: ZinCo Cubiertas Ecológicas S.L.

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1: Beneficios de los árboles urbanos

**BENEFITS OF URBAN TREES**

- Strategic placement of trees in urban areas can **cool the air** by between 2 °C and 8 °C.
- Large urban trees are excellent **filters for urban pollutants** and fine particulates.
- Mature trees **regulate water flow** and **improve water quality**.
- A tree can absorb up to 150 kg of CO<sub>2</sub> per year, sequester carbon and consequently **mitigate climate change**.
- Wood can be used for **cooking and heating**.
- Trees can **provide food**, such as fruits, nuts and leaves.
- Spending time near trees **improves physical and mental health** by increasing energy level and speed of recovery, while decreasing blood pressure and stress.
- Trees properly placed around buildings can **reduce air conditioning needs** by 30% and **save energy used for heating** by 20–50%.
- Trees provide habitat, food and protection to plants and animals, **increasing urban biodiversity**.
- Landscaping, especially with trees, can **increase property values** by 20%.

World urban population is growing fast...

Urban Rural

Today

By 2050

...planting trees today is essential for future generations!

FAO 2016

Food and Agriculture Organization of the United Nations

fao.org/forestry/urbanforestry

#### FUENTE:

FAO en Perú. (2017). *Beneficios económicos, sociales y ambientales de plantar árboles en las ciudades*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 05 de 08 de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-c0024e.pdf>

## ANEXO 2. Ciudades verdes

# CIUDADES VERDES

## CIUDADES CON FUTURO

### LO IDEAL

Una ciudad sostenible debe tener un mínimo de 9 m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante.<sup>(1)</sup>

### LO REAL

- Solo Lima, Arequipa y Tacna tienen dotaciones superiores a 3 m<sup>2</sup> por habitante.<sup>(2)</sup>
- Todas las ciudades de la selva tienen dotaciones mínimas.<sup>(2)</sup>
- Lima ocupa el último puesto de áreas verdes en América Latina.<sup>(3)</sup>

### ¿POR QUÉ SON NECESARIAS?

- Hacen frente al cambio climático.
- Reducen el CO<sub>2</sub> y enfrían el aire.
- Reducen el estrés y fomentan el ejercicio físico.

### CUIDA LOS PARQUES

- No arrojes basura.
- No arranques las plantas.
- Recoge las heces de tus mascotas.

Fuentes: (1) Organización Mundial de la Salud (OMS)  
(2) Periferia, WWF - Reporte "Ciudades del Perú"  
(3) Índice de Ciudades Verdes de América Latina (2010) | FAO

CON EL COMPROMISO DE: COCA-COLA PERÚ, ARCACONTINENTAL, JINDLEY

CON EL APOYO DE: enel

ORGANIZADO POR: RPP

### FUENTE:

RPP Noticias. (2020). Áreas verdes: Lima tiene un déficit de 56 millones de metros cuadrados. 02/09/20, de OMS/WWF/FAO Sitio web: <https://rpp.pe/peru/actualidad/areas-verdes-lima-tiene-un-deficit-de-56-millones-de-metros-cuadrados-noticia-1242505?ref=rpp>

# ANEXO 3: Techos con vida en Lima

AJUEVES 5 DE NOVIEMBRE DEL 2015

EL COMERCIO

TEMÁTICA



**El techo verde más grande del Perú** — El edificio Real Seis del Centro Empresarial Real de San Isidro tiene un jardín en el techo con una extensión de 1.200 m<sup>2</sup>, lo que le permite reducir hasta en un 30% el calor dentro de este inmueble.

**58%**

de los limeños están insatisfechos con el déficit de espacios verdes — Así lo reveló una reciente encuesta El Comercio elaborada por Ipsos. En los sectores C, D y E, la insatisfacción alcanza el 62%, 72% y 64%, respectivamente.

MIÉRCOLES  
DEMOCRACIA

VIERNES  
TENDENCIAS

VIERNES  
ADULTO MAYOR

SÁBADO  
LA SEMANA EN FOTOS

## Techos con vida en Lima

En una ciudad que carece de áreas verdes, los jardines en techos embellecen la ciudad y mejoran la atmósfera. Estas azoteas vivas aumentan en Lima gracias a incentivos municipales. Las inmobiliarias también se empiezan a sumar a estas iniciativas.



BETTY SOTO FERNÁNDEZ

Lima es gris. Pero no se lo debe sólo a su cielo; también a sus techos, abandonados, vacíos, alojamiento de mascotas y desperdicios. Desde arriba, la capital es acaso aún más gris y gris. Si tomamos en cuenta que en esta ciudad de casi diez millones de habitantes hay sólo 3,1 m<sup>2</sup> de áreas verdes por persona — cuando lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud es 9 m<sup>2</sup> —, los techos se perfilan como una gran opción para combatir este déficit. Por eso, las 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 huertos en lo alto de sus viviendas.

"Es un programa recíproco, porque una vez que el jardín del vecino quedó operativo, el ayudará a otro a realizar lo mismo", señala Elmer Linares, asesor en gestión ambiental de la Municipalidad de San Borja. Hasta el momento, el programa ha creado una red de más de 300 techos verdes, con jardines o huertos.

San Miguel es otro de los distritos que combaten esta problemática. Su alcalde,

Eduardo Bienes, señala que a fin de mes lanzarán un programa distrital para que se limpien todos los techos del distrito, se recicle el material retirado de ellos y se ofrezcan beneficios, como reducción de impuestos o descuentos en los servicios que ofrece la municipalidad, sea asistencia mecánica, carpintería, entre otros, a quienes implementen techos verdes.

Otros distritos que cuentan con reglamentos que apoyan la implementación de los jardines en las alturas son La Molina y Miraflores. Ambos tienen decretos que datan del 2012 y el 2011, respectivamente, en los que están un porcen-

taje de áreas verdes que deben en los techos.

Incluso, los grupos inmobiliarios implementan edificios multifamiliares con techos verdes debido a la falta de áreas verdes en los alrededores de los distritos. Uno de ellos es el Proyecto City, en Santa Beatriz, construido por la inmobiliaria Paz Consensario, cuyo techo verde panorámico tiene una extensión de 800 m<sup>2</sup>.

**Más allá de la estética**

El mes pasado, la empresa Gania, dedicada a promover espacios verdes en casas y negocios,

lanzó la iniciativa #MiraTuTecho, mediante un

breve video en que da una mirada a las azoteas de Lima y resalta la importancia de hablarlas de jardines. César Meza, director de marketing de Gania, comenta que aunque hoy se implementan más techos verdes, aún se prioriza lo estético.

Susana Biondi, experta en arquitectura sostenible de Poggioni & Biondi Arquitectos, señala que un techo verde "impide que en verano el interior del edificio se caliente mucho o en invierno se enfíe demasiado y ayuda a que se mantenga la biodiversidad al atraer a los insectos. También filtran los contaminantes que traen la lluvia y el aire", puntualiza Biondi.

**EN CASA—**  
Otra tendencia es sembrar hortalizas en jardines o macetas. A ello también se considera techo verde.

**S/3.500** cuesta en promedio instalar un techo verde en una superficie de 15 metros cuadrados. El proceso toma cuatro días.

**150 kg** de jardines el peso básico que soporta 1 m<sup>2</sup> de techo en la ciudad. Lo importante es impermeabilizar la superficie.

POINTER ENCUENTRA

**IMPERMEABLE**  
Es importante contar con el apoyo de un experto en techos verdes, pues si no se impermeabiliza el agua del techo puede filtrarse hacia el departamento.

**PLANTAS**  
Se recomienda utilizar las que consuman poca agua como el heliotropo, el romero, las sartolitas y otras similares.

**MANTENIMIENTO**  
Se hace de forma periódica para cerciorarse de que no haya filtraciones o que el agua se esté empozando. El abono se debe poner cada 15 días.

FUENTE:

Diario El Comercio. (2015). Techos con vida en Lima. 14/07/20, de Betty Soto Fernández  
 Sitio web: [http://www.lavacamu.pe/wp-content/uploads/elcomercio\\_2015-11-05\\_11-1.pdf](http://www.lavacamu.pe/wp-content/uploads/elcomercio_2015-11-05_11-1.pdf)

## ANEXO 4: Datos generales del distrito de San Isidro, Lima



# COMPENDIO ESTADÍSTICO 2017

| DATOS GENERALES DEL DISTRITO DE SAN ISIDRO |   |   |                                |
|--|---|---|--------------------------------|
| 1  | DIRECCIÓN   | CALLE AUGUSTO TAMAYO 180, SAN ISIDRO  |                                |
| 2  | RUC   | 20130534211   |                                |
| 3  | TELÉFONO - CENTRAL  | 513-9000  |                                |
| 4  | E – MAIL  | <a href="mailto:info@munisanisidro.gob.pe">info@munisanisidro.gob.pe</a>  |                                |
| 5  | PORTAL MSI  | <a href="http://www.munisanisidro.gob.pe/">www.munisanisidro.gob.pe/</a>  |                                |
| 6  | EXTENSIÓN: AREA TOTAL DEL DISTRITO                        | 9.93 Km <sup>2</sup> ó 992.91 Hectáreas   |                                |
| 7  | POBLACIÓN CENSO 2017                                      | Año 2017  | 60,735 habitantes (preliminar) |
| 8  | DENSIDAD Habitantes / Km <sup>2</sup>                     | 6,116 Habitantes / Km <sup>2</sup>  |                                |
| 9  | DISPOSITIVO DE CREACIÓN                                   | Decreto Ley Nº 7113   |                                |
| 10   | FECHA DE CREACIÓN   | 24 de abril de 1931   |                                |
| 11   | ALTITUD   | 109 m.s.n.m. (Base Parque el Olivar)  |                                |
| 12   | LIMITES DEL DISTRITO                                      | Oeste: Magdalena del Mar<br>Norte: Jesús María<br>Lince<br>La Victoria<br>Este: San Borja<br>Sur: Surquillo<br>Miraflores |                                |
| 13   | ZONIFICACIÓN POR JUNTAS VECINALES                         | 5 Sectores Urbanos; 24 Subsectores  |                                |
| 14   | PRESUPUESTO 2017  | S/. 235'450,881   |                                |
| 15   | NÚMERO DE UNIDADES PEDIALES CATASTRALES DEL DISTRITO 2017 | 92,741 predios<br>Residencial: 26,753<br>Comercial: 6,297<br>Otros: 59,691  |                                |
| 16   | NÚMERO DE CONTRIBUYENTES 2016                             | 31,884 Contribuyentes<br>Personas naturales 21,659 68%<br>Personas Jurídicas 10,225 32%                                   |                                |
| 17   | POBLACIÓN FLOTANTE  | 755,717 personas diaria (estimado)  |                                |

### FUENTE:

Municipalidad de San Isidro. (2017). Compendio Estadístico 2017. 02/07/20, de Gerencia de Planeamiento, Presupuesto y Desarrollo Corporativo Sitio web: [http://www.munisanisidro.gob.pe/Transparencia/Tema02/Compendio\\_Estadistico\\_2017.pdf](http://www.munisanisidro.gob.pe/Transparencia/Tema02/Compendio_Estadistico_2017.pdf)

## ANEXO 5: Portal de Transparencia, Municipalidad de San Isidro

| CAMPANA DE SENSIBILIZACION RESPIRA AIRE LIMPIO |   |                 |                  |          | CAMPAÑA DE SENSIBILIZACION VIVE SIN RUIDO |         |                                      |                  |       |
|--|---|-----------------|------------------|----------|---|---------|--------------------------------------|------------------|-------|
| Nº   | LUGAR   | CARÁCTER        | REVISION TECNICA | TC       | Nº  | LUGAR   | CARÁCTER                             | TIPO DE VEHICULO | TOTAL |
|  |   |                 | TIENE            | NO TIENE |   |         |                                      |                  |       |
| 1  | 1/28/19 Av. Del Parque Sur Cdra. 5 y Av. ...    |                 | 16               | 4        | 20  | 2/25/19 | SENSIBILIZACION                      | PUBLICO          | 33    |
|  | 3/14/19 Via principal de la Cdra. 28 de Av. ... | SENSIBILIZACION |                  | 5        | 23  | 2/27/19 | ENTRE AV. PETIT THOUARS CU...        | SENSIBILIZACION  | 8 33  |
|  | 3/20/19 Av. Andrés Barmburu cruce con R...      | SENSIBILIZACION |                  | 12       | 24  |         |                                      |                  | 25    |
|  |   |                 |                  |          |   | 3       | AV AREQUIPA CUADRA 36 (CLL...        | PUBLICO          | 19 55 |
|  |   |                 |                  |          |   |         |                                      | PRIVADO          | 27    |
|  |   |                 |                  |          |   | 4       | ENTRE AV. PETIT THOUARS CU...        | SENSIBILIZACION  | 87    |
|  |   |                 |                  |          |   |         |                                      | PUBLICO          | 50    |
|  |   |                 |                  |          |   |         | ENTRE AV. GRAL. SALAVERRY ...        | SENSIBILIZACION  | 10 36 |
|  |   |                 |                  |          |   |         |                                      | PRIVADO          | 20    |
|  |   |                 |                  |          |   | 6       | 3/5/19 AV AREQUIPA CUADRA 36 (CLL... | PUBLICO          | 19 35 |
|  |   |                 |                  |          |   |         |                                      | PRIVADO          | 18    |
|  |   |                 |                  |          |   | 7       | ENTRE AV. GRAL. SALAVERRY ...        | SENSIBILIZACION  | 33    |
|  |   |                 |                  |          |   |         |                                      | PRIVADO          | 15    |
|  |   |                 |                  |          |   | 8       | 3/6/19                               | SENSIBILIZACION  | 16    |
|  |   |                 |                  |          |   |         |                                      | PUBLICO          | 16    |
|  |   |                 |                  |          |   |         | AV JAVIER PRADO OESTE CDR...         | SENSIBILIZACION  | 23 62 |

### ESTACIONAMIENTOS DE BICICLETAS

| Nº | Ubicación                          | Tipo                          | Longitud (km) |
|----|------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| 1  | Av. Salaverry                      | Ciclovia segregada en berna   | 2.21          |
| 2  | Parque Benemérita (Parque La Pera) | Ciclosenda o Cicloacera       | 0.29          |
| 3  | Ma. Malecón Bernales García        | Ciclosenda o Cicloacera       | 0.65          |
| 4  | Av. Arequipa                       | Ciclovia segregada en berna   | 1.00          |
| 5  | Ca. Barcelona                      | Ciclovia segregada en calzada | 0.16          |
| 6  | Ca. Daniel Alcides Cármon          | Carril compartido             | 0.12          |
| 7  | Av. Dos de Mayo                    | Ciclovia segregada en calzada | 1.91          |
| 8  | Av. Jorge Basadre                  | Ciclovia segregada en calzada | 0.17          |

### MAPA DE ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS



### SAN ISIDRO RECICLA - RUTA EMPRESARIAL

| Nº | Dirección                        | Nombre y apellido del representante | Nombre del establecimiento come...    | Tipo de establecimiento |
|----|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| 1  | Calle Los Laureles N° 365        | Luis Yonashiro                      | Asociación Civil Reciclame cumpl...   | Comercios mayores       |
| 2  | Calle Los Eucaliptos N° 550      |                                     | Libertador Hotel                      | Hoteles                 |
| 3  | Calle Los Castaños N° 505        |                                     | Real Club Hotel                       | Hoteles                 |
| 4  | Av. Javier Prado Oeste N° 1650   | Maria Isabel Lopez                  | Delos S.A.C.                          | Comercios mayores       |
| 5  | Calle Las Flores N° 275          |                                     | Organización Internacional del Tra... | Organismos intern       |
| 6  | Calle Samuel Velarde N° 110      |                                     | Colegio Sor Rosa Larrabure            | Instituciones educa     |
| 7  | Av. Dos de Mayo N° 440           | Marcelo Martínez                    | Mego Networks S.A.C.                  | Servicios               |
| 8  | Av. Dos de Mayo N° 798           | David Sakihama                      | Baco & Vaca Cakes y Vinos             | Restaurante             |
| 9  | Av. Dos de Mayo N° 724           | Lia Drinot                          | Antica Pizzeria S.A.C.                | Restaurante             |
| 10 | Calle Las Palmeras N° 240        | Erika Carbonel                      | Radisson Hoteles & Suites             | Hoteles                 |
| 11 | Calle Las Palmeras N° 310        | Roxana Espejo                       | Bullard, Falla & Ezcurrea Abogados... | Servicios               |
| 12 | Calle Las Palmeras N° 435 Piso 7 | Luis Alburquerque                   | Kalpa Generación S.A.                 | Servicios               |

### SAN ISIDRO RECICLA - RUTA DOMICILIAR

| ID | RUTA   | DIA    | HORARIO       | SUBSECTOR | Ubicaciones   |
|----|--------|--------|---------------|-----------|---|
| 1  | RUTA 2 |        | 9:09 - 10:30  | 2.3       | Ca. Tnte. Chabrier, Ca. Tnte. Romanet, Ca. José Gomez, Ca. Paul ...   |
| 2  | RUTA 2 | Lunes  | 12:15 - 13:30 | 2.2 - A   | Av. Antonio Pezet, Ca. General la Fuente, Ca. Marcos Salazar, Av. ... |
|    | RUTA 2 | Lunes  | 14:30 - 16:00 |           | Av. Pezet, Ca. Bolognesi, Ca. Dionisio de Anchorena, Ca. Antunez ...  |
| 5  | RUTA 1 | Martes | 09:45 - 11:00 | 1.3       | Residencial Santa Cruz  |
|    |        |        | 11:00 - 12:15 |           | Av. Juan de Aliaga cdra. 7-6-5-4-3, Av. Faustino Sanchez cdra. 7, ... |
| 6  |        | Martes |               | 2.1       | Av. General Salaverry cdra. 26-27-28-29-30, Av. Alberto del Campo ... |
| 7  | RUTA 1 | Martes | 14:45 - 16:15 | 1.4 - A   | Av. General Salaverry cdra. 30-29-28-27-26, Av. Javier Prado Oest...  |
|    |        |        |               |           | Ca. Juan Etespuru cdra. 1-2, Ca. José Granda cdra. 4-3, Ca. Coun...   |
| 9  | RUTA 3 | Jueves |               | 5.2 - A   | Ca. Ugarte y Moscoso cdra. 10, Ca. Punta Negra cdra. 6, Ca. Sam...    |
| 10 | RUTA 3 | Jueves | 10:30 - 11:15 | 5.2 - B   | Ca. Ricardo Angulo, Calle N° 14, 16, 18, 21, Ca. Ruiseñores Este, ... |
| 11 |        | Jueves | 11:15 - 12:00 | 5.1 - A   | Ricardo Angulo, (cuadra 1, 2 y 3), Calle 2                            |

### FUENTE:

Municipalidad de San Isidro. (2020). Ciudad Sostenible - Datos Abiertos MSI. En constante actualización, de Comunidad Internacional Sitio web: <http://datosabiertos.msi.gob.pe/dashboards/9241/ciudad-sostenible/>

## ANEXO 6: Estándares de Calidad Ambiental de Aire

Estándares de Calidad Ambiental para Aire

| Parámetros  | Período  | Valor [µg/m <sup>3</sup> ] | Criterios de evaluación                          | Método de análisis <sup>(1)</sup>  |
|---|----------|----------------------------|--|--|
| Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )                                  | Anual    | 2                          | Media aritmética anual                           | Cromatografía de gases   |
| Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )                                      | 24 horas | 250                        | NE más de 7 veces al año                         | Fluorescencia ultravioleta (Método automático)   |
| Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )                                   | 1 hora   | 200                        | NE más de 24 veces al año                        | Quimioluminiscencia (Método automático)  |
|   | Anual    | 100                        | Media aritmética anual                           |  |
| Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> ) | 24 horas | 50                         | NE más de 7 veces al año                         | Separación inercial/filtración (Gravimetría)   |
|   | Anual    | 25                         | Media aritmética anual                           |  |
| Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )   | 24 horas | 100                        | NE más de 7 veces al año                         | Separación inercial/filtración (Gravimetría)   |
|   | Anual    | 50                         | Media aritmética anual                           |  |
| Mercurio Gaseoso Total (Hg) <sup>(2)</sup>                                | 24 horas | 2                          | No exceder                                       | Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)<br>o<br>Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS)<br>o<br>Espectrometría de absorción atómica Zeeman.<br>(Métodos automáticos) |
| Monóxido de Carbono (CO)  | 1 hora   | 30000                      | NE más de 1 vez al año                           | Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)  |
|   | 8 horas  | 10000                      | Media aritmética móvil                           |  |
| Ozono (O <sub>3</sub> )   | 8 horas  | 100                        | Máxima media diaria<br>NE más de 24 veces al año | Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)   |
| Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>  | Mensual  | 1,5                        | NE más de 4 veces al año                         | Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)   |
|   | Anual    | 0,5                        | Media aritmética de los valores mensuales        |  |
| Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)                                   | 24 horas | 150                        | Media aritmética                                 | Fluorescencia ultravioleta (Método automático)   |

NE: No Exceder.

<sup>(1)</sup> o método equivalente aprobado.

<sup>(2)</sup> El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

### FUENTE:

Normas Legales. (2017). Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. 22/08/20, de Diario El Peruano Sitio web: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>