



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“TECNOLOGÍA DE NATURACIÓN VERTICAL Y SU EFECTO EN EL
CONFORT TÉRMICO EN EDIFICACIONES COMERCIALES
DE LIMA CERCADO”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

AUTOR:

FREDY PORFIRIO CONDORI HUAMÁN

ASESOR:

DR. JHON WALTER GÓMEZ LORA

JURADO:

DR. JORGE VÍCTOR MAYHUASCA GUERRA

DR. PEDRO MARTÍN LEZAMA GONZALES

MG. WALTER BENJAMIN ZUÑIGA DIAZ

LIMA- PERÚ

2019

Dedicatoria

A Dios, a mi familia, quienes siempre me iluminan cada día, para lograr mis sueños y consolidar mi formación profesional.

Agradecimiento

Agradezco de manera especial a mi asesor de tesis, el Dr. Walter Gómez Lora, quien fue mi guía metodológico durante toda mi formación profesional como Ingeniero y Maestría, a toda mi familia que siempre me ha brindado su apoyo incondicional, para culminar mis estudios.

Al Arquitecto Diego la Rosa, por su apoyo y colaboración en el diseño estructural de la investigación.

*A los miembros de la **Consultora de Investigación Ambiental ENVIRO EVOLUTION EIRL**, Karen Fernández, Katherine Paredes, Yuly Torres, por su contribución en el proceso de ejecución y sistematización de la investigación.*

*A los integrantes del **Centro de Investigación y Gestión del Agua – CEIGA**, Jaco Rivera, María del Pilar Ccorimanya, Rosario Diaz, por apoyo con el procesamiento y levantamiento de datos.*

*A todo el equipo de colaboradores de **Tecnologías Ambientales** de SENATI, Xiomara Ayala, Catherine Alvarado, Paola Pacheco, Melissa Echenique, Jenny Leguía, quienes participaron en el monitoreo de parámetros meteorológicos y encuestas de campo.*

A todos los catedráticos y docentes revisores del informe de tesis de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional Federico Villarreal, por compartir sus conocimientos durante mi proceso de aprendizaje en la Maestría.

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Descripción del Problema	12
1.3. Formulación del Problema	14
1.3.1. Problema General.....	14
1.3.2. Problemas Específicos.....	14
1.4. Antecedentes	14
1.4.1. Antecedentes Internacionales.....	14
1.4.2. Antecedentes Nacionales.....	21
1.5. Justificación de la investigación.....	24
1.6. Limitaciones de la investigación	24
1.7. Objetivos.	25
1.7.1. Objetivo General.	25
1.7.2. Objetivos Específicos	25
1.8. Hipótesis.....	25
1.8.1. Hipótesis General	25
1.8.2. Hipótesis Específicas.....	26
II. MARCO TEÓRICO	27
2.1. Marco conceptual	27
2.1.1. Conceptos de variables.....	27
2.1.2. Conceptos Generales.....	28
2.2. Marco Referencial	30
2.2.1. Áreas verdes en Lima Metropolitana	30
2.2.2. Índice de Área verde por habitante en Lima Metropolitana.....	30
2.2.3. Orígenes de los Centros Comerciales.....	33
2.2.4. Contaminación del Aire Interior.....	36
2.2.5. Síndrome del edificio enfermo SEE.....	37
2.2.6. Tipos de Confort.....	40
2.2.7. La naturación urbana	44
2.2.8. Tecnología de naturación como elemento envolvente vegetal.....	45
2.2.9. Naturación del Edificio.	45
2.2.10. Sistemas de naturación vertical o Jardines verticales.....	46
2.2.11. Efectos de la implantación de los jardines verticales en la edificación.....	80
2.2.12. Efectos a nivel del edificio	83
2.2.13. Efectos a escala social	86
2.2.14. Tipos de plantas para jardines verticales en espacios interiores.....	88
2.2.15. Mantenimiento de los jardines verticales	89
2.2.16. Beneficios de la Naturación Vertical o Jardines Verticales	90
2.2.17. Gestión para el desarrollo de proyectos de ingeniería.....	90
2.2.18. Gerencia de Proyectos (Project management).....	92
2.2.19. Recursos de los estudios de Factibilidad de un Proyecto	96

2.2.20. Presentación de un estudio de Factibilidad	97
2.2.21. Planeación de Proyectos.....	99
2.2.22. Facultades del Gerente de Proyecto	101
2.2.23. Factores que influyen en el Éxito de los Proyectos.....	103
2.2.24. Planeación dentro del Tiempo, Costo y Calidad	106
2.3. Marco legal.....	108
2.3.1. Normas nacionales	108
2.3.2. Normas Internacionales.....	108
III. MÉTODO.....	111
3.1. Tipo de la Investigación:	111
3.1.1. Diseño de la Investigación:	111
3.1.2. Nivel de la Investigación:	111
3.2. Población y Muestra.....	111
3.3. Operacionalización de Variables.....	112
3.4. Instrumentos	113
3.4.1. Equipos.....	113
3.4.2. Cartografía.....	113
3.4.3. Software.....	113
3.4.4. Materiales de campo y gabinete.	113
3.5. Procedimiento	114
3.5.1. Lugar de estudio	116
3.6. Análisis de datos	118
3.7. Consideraciones éticas	118
IV. RESULTADOS.....	119
4.1. Condiciones ambientales del confort térmico en la edificación comercial	119
4.2. Desarrollo del jardín vertical, para interiores de edificaciones comerciales.	120
4.2.1. Diseño del jardín vertical piloto.	120
4.2.2. Ensamblado estructural del jardín vertical.	121
4.2.3. Instalación del sistema de riego por goteo y ensayos de prueba	122
4.3. Incidencia de la naturación vertical piloto, en el confort térmico	124
4.4. Análisis del costo beneficio del proyecto.....	141
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	144
VI. CONCLUSIONES	145
VII. RECOMENDACIONES.....	146
VIII. REFERENCIAS.....	147
IX. ANEXOS	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Incremento de la población en Lima Metropolitana	31
Figura 2. Densidad de áreas verdes por habitante en Lima Metropolitana	31
Figura 3.El Northgate de Seattle (1950).....	33
Figura 4. Galerías Boza.....	34
Figura 5. Fachada cubierta de hiedra.....	47
Figura 6. Sistema de cables en forma de rombos	49
Figura 7. Sistema de cables Jakob.....	50
Figura 8. Sistema modular GSKy Plant Systems.....	53
Figura 9. Componentes de la fachada vegetal invernadero.....	56
Figura 10. Fachada vegetal invernadero	56
Figura 11. Componentes de la Fachada deslizante vegetal	59
Figura 12. Componentes de la Fachada deslizante vegetal	59
Figura 13. Estructura del sistema de paneles vegetales en cajas metálicas.....	62
Figura 14. Sistema de paneles vegetales en cajas metálicas	62
Figura 15. Sistema de paneles vegetados en celdas drenantes	65
Figura 16. Ejemplo de Sistema de paneles vegetados en celdas drenantes.....	65
Figura 17. Estructura de los gaviones de metal.....	68
Figura 18. Gaviones de metal.....	68
Figura 19. Sistema hidropónico	73
Figura 20. Sistema PRV - 2.....	73
Figura 21. Hormigón vegetal	76
Figura 22. Dinámica de los jardines verticales en interiores.....	78
Figura 23. Jardines verticales para ambientes interiores activos.....	78
Figura 24. Jardines verticales para ambientes interiores pasivos	80
Figura 25. Plantas para pasillos o corredores con poca luz.....	88
Figura 26. Plantas para pasillos o corredores con temperatura calida.....	89
Figura 27. Factores de la planeación.....	99
Figura 28. Interacciones de Tiempo, Costo y Calidad	101
Figura 29. Triángulo de Tiempo, Costo y Calidad.....	107
Figura 30. Interacciones de Tiempo, Costo y Calidad	107
Figura 31. Edificación comercial centro Lima.....	116
Figura 32. Actividades comerciales	118
Figura 33. Pasadizo de la galería Centro de Lima.....	118
Figura 34. Evaluación de la temperatura y humedad - día 26.....	119
Figura 35. Diseño de la estructura para la naturación vertical	120

Figura 36. Diseño en 3D de la estructura para la naturación vertical.....	121
Figura 37. Ensamblado de estructura con PVC.....	121
Figura 38. Sistema de riego sobre la estructura.....	122
Figura 39. Ensayos del sistema de riego	122
Figura 40. Instalación del recubrimiento del Jardín vertical	123
Figura 41. Instalación de las especies vegetales.....	123
Figura 42. Naturación vertical piloto dentro de la edificación comercial.	124
Figura 43. Naturación vertical piloto dentro de la edificación comercial.	124
Figura 44. Variación y comportamiento de la Temperatura - día 1	126
Figura 45. Variación de la Humedad - día 1	126
Figura 46. Variación de la Temperatura - día 2	128
Figura 47. Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 2.....	128
Figura 48. Variación de la Temperatura - día 3	130
Figura 49. Variación de la Humedad - día 3	130
Figura 50. Variación de la Temperatura - día 4	132
Figura 51. Variación de la Humedad - día	132
Figura 52. Variación de la Temperatura - día 5	134
Figura 53. Variación de la Humedad - día 5	134
Figura 54. Variación de la Temperatura - día 6	136
Figura 55. Variación de la Humedad - día 6	136
Figura 56. Variación de la Temperatura - día 7	138
Figura 57. Variación de la Humedad - día 7	138
Figura 58. Variación de la Temperatura - día 8	140
Figura 59. Variación de la Humedad - día 8	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índice de áreas verdes en m ² / hab. en Lima Metropolitana desde 1908 al 2011	30
Tabla 2. Índice de áreas verdes por habitantes por cada distrito de Lima Metropolitana	32
Tabla 3. Galerías y Centros Comerciales del Centro Histórico de Lima	35
Tabla 4. Variable independiente.....	112
Tabla 5. Variable independiente.....	112
Tabla 6. Resultados de las condiciones ambientales 26 /01/2019.....	119
Tabla 7. Resultados de la variación de temperaturas y humedad - día 1.....	125
Tabla 8. Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 2	127
Tabla 9. Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 3	129
Tabla 10. Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 4	131
Tabla 11. Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 5	133
Tabla 12. Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 6	135
Tabla 13. Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 7	137
Tabla 14. Resultados de la variación de temperatura con y sin proyecto del día 8.....	139
Tabla 15. Flujo de Caja	142

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar tecnologías de naturación vertical para analizar sus efectos en el confort térmico dentro edificaciones comerciales del Cercado de Lima, considerando el costo beneficio del proyecto mediante estaciones registradoras de temperatura, humedad y una mini estación meteorológica Kestrell, con la finalidad de proponer la naturación vertical en edificaciones comerciales de Lima Metropolitana. Para lo cual, se utilizó un diseño experimental evaluando dos áreas en simultaneo, una con jardín vertical y otra sin naturación llegando a las siguientes conclusiones, las condiciones ambientales del confort térmico dentro de la edificación comercial investigada, no cumple con las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. La naturación vertical piloto instalada dentro de la edificación comercial, incide favorablemente en el confort térmico, logrando reducir entre 2 a 3 °C de temperatura e incrementar entre un 5 a 6 % de humedad relativa. El costo beneficio del proyecto, mediante proyecciones financieras, resultó mayor a uno (1,22), lo que quiere decir que por cada sol que invertimos, obtenemos 0.22 soles a favor.

Palabras Claves: naturación vertical, edificación comercial, confort térmico

ABSTRACT

The objective of this research was to develop technologies of vertical nature to analyze their effects on thermal comfort in commercial buildings in the Cercado de Lima, considering the cost benefit of the project through temperature, humidity and a mini Kestrell weather station, with the purpose to propose vertical nature in commercial buildings in Metropolitan Lima. For which, an experimental design was used evaluating two areas simultaneously, one with a vertical garden and the other without nature reaching the following conclusions, the environmental conditions of thermal comfort within the commercial building under investigation, does not comply with the minimum safety provisions and health in the workplace. The pilot vertical nature installed inside the commercial building, has a favorable impact on thermal comfort, reducing temperature between 2 and 3 ° C and increasing between 5 and 6% relative humidity. The cost benefit of the project, through financial projections, was greater than one (1.22), which means that for every sun we invest, we get 0.22 soles in favor.

Keywords: vertical nature, commercial building, thermal comfort

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, ya no puede negarse la conexión entre el uso de un edificio como lugar de trabajo o vivienda y la aparición, en algunos casos, de una enfermedad, siendo la contaminación de diversos tipos presente en el edificio o mala calidad del aire en interiores, la principal responsable. Los efectos adversos de esta deficiente calidad del aire en espacios cerrados afectan a muchas personas, ya que se ha demostrado que los habitantes de las ciudades pasan entre el 58 y el 78 % de su tiempo en un ambiente interior que se encuentra contaminado en mayor o menor grado (Guardino, X., 2003).

La calidad del aire que respiramos incide de manera significativa en nuestra calidad de vida, siendo la causante de muchas enfermedades respiratorias que afectan nuestra salud y confort. En algunas ocasiones es dentro de las edificaciones donde la contaminación del aire es superior, llegando a ser la calidad hasta 5 veces peor que en el exterior.

Según Cabrera & Zalazar en el 2016, plantearon mejorar el confort termo higrométrico en ambientes cerrados, a través de la implementación de dos prototipos de jardines verticales, uno conformado por helechos y otro por una asociación de plantas, para lo cual realizaron el registro de las condiciones ambientales con el equipo Questem p° 34, por 5 días, para un volumen de la cabina de 15,35 m³ y una área de 4 m² de jardín, llegando a las siguientes conclusiones, la especie helechos (*Nephrolepis exaltada*) en el prototipo de jardín vertical se obtuvo una mejor adaptación, días después del trasplante en el prototipo de jardín vertical creciendo y existiendo nueva brotes de ramas en los 10, 25 y 40 días, concluyendo que es una planta excelente en eliminar ciertas sustancias contaminantes de Formaldehído en interiores determinado por la NASA.

La presente investigación tiene como objetivo analizar los efectos de la tecnología de naturación vertical para el confort térmico en edificaciones comerciales, considerando el costo beneficio del proyecto.

1.1. Planteamiento del problema

El número de quejas relacionadas con la calidad del aire interior ha incrementado recientemente con los años, con el aumento de edificios y el gran uso de materiales sintéticos y medidas de conservación de energía que reducen el suministro de aire exterior. Modernas oficinas equipadas con fotocopiadoras, impresoras láser, computadoras, el uso excesivo o inadecuado de productos de empleo común (plaguicidas, desinfectantes, productos de limpieza y encerado), gases de combustión (procedentes del tabaco, de las cocinas, cafeterías y laboratorios), presencia de microorganismos, y contaminantes provenientes del aire exterior o de la calle, pueden incrementar el nivel de contaminantes del aire interior. Las reacciones de estos contaminantes tienden a originar el fenómeno llamado: Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) **(Rodríguez & Salomón, 2004)**.

En la actualidad, ya no puede negarse la conexión entre el uso de un edificio como lugar de trabajo o vivienda y la aparición, en algunos casos, de una enfermedad, siendo la contaminación de diversos tipos presente en el edificio o mala calidad del aire en interiores, la principal responsable. Los efectos adversos de esta deficiente calidad del aire en espacios cerrados afecta a muchas personas, ya que se ha demostrado que los habitantes de las ciudades pasan entre el 58 y el 78 % de su tiempo en un ambiente interior que se encuentra contaminado en mayor o menor grado **(Guardino, X., 2003)**.

1.2. Descripción del Problema

En las ciudades urbanas del mundo altamente pobladas y con problemas de contaminación, se vienen desarrollando la construcción de edificaciones de manera abrupta, tapizando los suelos de concreto, sin considerar la norma emitida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que establece 9m² per cápita de áreas verdes, creando un paisaje hostil incrementando el efecto isla de calor y los niveles de estrés en los habitantes **(Mihalakakou et al., 1997)**.

La calidad del aire en el lugar de trabajo es esencial para sentirse confortables. Sobre ella pueden influir varios factores, principalmente de origen químico y/o biológico, jugando un papel importantísimo la ventilación, el factor ambiente térmico, el ruido y las vibraciones, la iluminación, entre otros. Todos estos factores de riesgo ambiental en

su conjunto, o a veces por separado, pueden generar molestias importantes a los trabajadores e incluso afecciones graves para su salud. La gran complejidad para valorar los problemas derivados de una mala calidad del aire surge de la dificultad de identificar las fuentes del problema, la falta de especificidad de los síntomas y la frecuente multicausalidad (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT, 2015**).

La sociedad actual se encuentra inmersa en un torbellino de avances científico-técnicos que está afectando a la actividad diaria, y de manera muy particular al ámbito del trabajo. Hoy en día, preservar la seguridad y la salud de quienes trabajan se ha convertido en un objetivo prioritario para las instituciones europeas y nacionales. Las mejoras logradas en nuestra calidad de vida se han visto empañadas por unas estadísticas que denotan que no hemos sabido controlar con eficiencia los factores de riesgo que provocan los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales (**Neuffer, Peter, Neff & Ludwin, 2009**).

En nuestra ciudad (Lima), la deficiencia de áreas verdes, ha ocasionado entre otros problemas ambientales y sociales, una significativa reducción en la capacidad del medio natural para limpiar el ambiente de los agentes contaminantes producidos por el medio urbano, sus medios de transporte y su industria. Paralelo a esta situación, al disminuir la cantidad de áreas verdes se ha reducido la cantidad de absorción de rayos solares por la vegetación deviniendo en un incremento en la temperatura debido a la liberación nocturna de la energía calórica absorbida durante el día por las construcciones y superficies impermeables, generando cambios en el clima y microclima de la ciudad.

La calidad del aire que respiramos incide de manera significativa en nuestra calidad de vida, siendo la causante de muchas enfermedades respiratorias que afectan nuestra salud y confort. En algunas ocasiones es dentro de las edificaciones donde la contaminación del aire es superior, llegando a ser la calidad hasta 5 veces peor que en el exterior.

Con la presente investigación se propone desarrollar tecnologías de naturación vertical (jardín vertical modelo) para mejorar las condiciones ambientales (confort térmico), en el interior de edificaciones Comerciales del Cercado de Lima.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Qué efectos genera la tecnología de naturación vertical en el confort térmico en edificaciones comerciales y cuál es el costo beneficio del proyecto?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Qué tecnología de naturación vertical se puede desarrollar para interiores de edificaciones comerciales en Lima Cercado?
- ¿Cuáles son las condiciones ambientales en el interior de las edificaciones comerciales de Lima Cercado?
- ¿En qué medida las tecnologías de naturación vertical, inciden en el confort térmico dentro de las edificaciones comerciales?
- ¿Cuál es el costo beneficio del proyecto, tecnologías de naturación vertical?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes Internacionales

Salazar, D. (2017). En su tesis titulada “Diseño de jardines verticales en el interior de viviendas y la calidad de vida de los habitantes de la parroquia La Merced, Ambato - Ecuador” tuvo como objetivo, plantear un diseño de jardines verticales en el interior de la vivienda, como alternativa para mejorar la calidad de vida de los habitantes, mediante los múltiples beneficios que ofrece un espacio con vegetación, además de incorporar nuevos conceptos de construcción, acoplados con las necesidades actuales de conservación del medio ambiente. El tipo de investigación que se llevó a cabo, fue descriptivo-exploratorio pues, indaga en las características de un grupo y contexto particular y estudia un tema poco explorado en nuestro entorno, el método investigación empleado, fue Inductivo-Deductivo por el análisis estadístico. Los resultados obtenidos convergen en la tendencia de los habitantes de “La Merced”, a poseer plantas en sus hogares en un 65.6%, además de aseverar que existen condiciones de entorno hostiles,

para el desarrollo del bienestar integral, siendo el factor dominante el ruido en un 42%, concluyendo, se definió el jardín vertical hidropónico, ya que es un tipo, que funciona en un espacio interior, su instalación debe estar sujeta a criterios como: ubicación, cercano a una fuente de iluminación, análisis de las corrientes de aire, análisis de riego, análisis de las plantas a emplearse, el mantenimiento, la estructura, y el tamaño del jardín, con la finalidad de obtener todos los beneficios, tanto para los individuos que habitan el espacio, como para el entorno.

Cabrera M. & Zalazar W. (2016). En su investigación titulada “Construcción experimental de jardines verticales y su relación con el confort termohigrométrico en ambientes cerrados” plantearon como objetivo, mejorar el confort termohigrométrico en ambientes cerrados, a través de la implementación de dos prototipos de jardines verticales, uno conformado por helechos y otro por una asociación de plantas, para lo cual realizaron el registro de las condiciones ambientales con el equipo Questem p° 34, por 5 días, para un volumen de la cabina de 15,35 m³ y una área de 4 m² de jardín, llegando a las siguientes conclusiones, la especie helechos (*Nephrolepis exaltada*) en el prototipo de jardín vertical se obtuvo una mejor adaptación, días después del trasplante en el prototipo de jardín vertical creciendo y existiendo nueva brotes de ramas en los 10, 25 y 40 días, concluyendo que es una planta excelente en eliminar ciertas sustancias contaminantes de Formaldehído en interiores determinado por la NASA.

La temperatura global de bulbo húmedo (TGBH °C), de la cabina con jardín diseñado con cuatro tipos de plantas, en convección natural, se encuentra por arriba de la cabina sin jardín observando un valor máximo de 19.81 °C en la cabina con jardín en comparación de 18.93 °C en la cabina sin jardín dando una diferencia de 0.88 °C a las 17h 00 y un valor mínimo de 15.7 °C en la cabina con jardín en comparación de 15.36 de la cabina sin jardín a las 09h00, esto indica que la cabina con jardín si regula el TGBH °C., los promedios generales del TGBH °C = 17.97 de la cabina con jardín y un TGBH°C = 17.51 en cabina sin jardín encontramos una diferencia de 0.46 °C.

Al comparar los promedios semanales de las variables de las condiciones ambientales de la cabina de ensayo con prototipo de jardín vertical de helechos y de asociación plantas en convección natural y forzada con los límites establecidos

del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393), se obtuvo que la Temperatura del bulbo húmedo, bulbo seco y la velocidad viento están dentro de los límites permisibles de la normativa y el porcentaje de humedad no se encuentra dentro del límite permisible. De acuerdo al análisis estadístico de correlación de Pearson se concluye que con la implementación del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas, se tiene cambios en las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada.

Zuñiga, C., & Yadibel, I. (2016). En su tesis titulada, “El uso de las tecnologías verdes y sus efectos en el desempeño del sector agroindustrial en México”, tuvo como objetivo, proponer acciones que apoyen el uso de tecnologías verdes para mejorar el desempeño del sector agroindustrial en México. La investigación es de tipo mixto, ya que en primera instancia identificaron las cualidades del fenómeno y en segunda instancia, se llevó a cabo un estudio correlacional para identificar si el uso de las tecnologías verdes tiene relación con el desempeño de la agroindustria en México. Para efecto de lo anterior, se diseñó un cuestionario que tiene como objetivo identificar si existe una relación entre la variable innovación y la variable desempeño. Los resultados de la investigación muestran que la agroindustria requiere de innovaciones para crecer y desarrollarse en un entorno cambiante y competitivo, y que este sector utiliza con mayor frecuencia tecnologías verdes que minimizan su consumo de energía, agua, residuos y emisiones tóxicas; las cuales tienen un impacto significativo en el desempeño del sector. No obstante, requieren impulsar la nanotecnología, biotecnología, bioinformática y los biocidas debido al alto costo que representa invertir en este tipo de tecnología. Esta investigación aporta evidencias sobre la necesidad que posee la agroindustria de invertir en tecnologías que optimicen los procesos y productos de manera sustentable; además, se identifica que estas de tecnologías contribuyen a que la sociedad tenga una mejor calidad de vida, ya que las empresas al usarlas minimizan el impacto ambiental derivado de sus operaciones y a su vez mejoran su desempeño.

Martínez V. & Orozco S. (2016). En su Investigación titulada, “Diseño de un muro verde para el establecimiento de hortalizas orgánicas”, tuvo como objetivo diseñar un muro con seis hortalizas de hoja que incluyen tres variedades de lechugas (*Lactuca*

sativa var. cortesana, starfighter y ruby sky) y tres especies aromáticas (*Ocimum basilicum* “albahaca”, *Petroselinum crispum* “perejil” y *Allium schoenoprasum* “cebollín”), y cultivarlas bajo los principios orgánicos. El muro estuvo constituido por una geomembrana (que evita la humedad en las paredes) y un geotextil confeccionado (que actúa como soporte para las plantas). Los resultados obtenidos, demostraron que para el establecimiento exitoso de las lechugas en el muro, éste debe estar orientado al noroeste para un mejor aprovechamiento de la luz solar; así mismo, otro factor determinante fue el sustrato compuesto por bokashi, estiércol, fibra de coco, tierra, cáscara de huevo, zeolita, jengibre y canela. Por otro lado, las plantas aromáticas intercaladas, controlaron la incidencia de plagas por debajo del umbral económico. El porcentaje de supervivencia de las hortalizas dentro del muro fue del 100%, lo cual hace viable su producción dentro de este sistema. El costo/beneficio de este muro es mayor de 1, por lo que es rentable económicamente. Este sistema además genera otros beneficios como: mejorar el ambiente y la calidad del aire, mejora la salud de las personas, y es de fácil cuidado y mantenimiento.

Castillo F. (2014). En su tesis titulado “Hidrosiembra para la naturación vertical de zonas urbanas” tuvo como objetivo, Desarrollar un prototipo de ecotécnica, para la generación de áreas verdes nuevas, en módulos de jardines verticales hidrosembrados, que brinden beneficios estéticos en zonas urbanas, haciendo uso de una hidrosiembra con base orgánica, que pueda ser llevada a cabo por cualquier persona y que integre la reutilización de agua de lluvia y energía fotovoltaica, mediante un tratamiento técnico, llegando a las siguientes conclusiones: La propuesta de una ecotécnica para desarrollar jardines verticales hidrosembrados en zonas urbanas es factible, si se toman en cuenta el método y los materiales descritos en el presente trabajo, los paneles verticales superaron su tiempo de vida de tres meses, sin que el sistema de riego y el sustrato perdiera su posición original. Además de que la doble impermeabilización y la pintura en el acabado impidieron el paso del agua a la madera, evitando su deterioro, el sistema de riego por nebulización en circuito cerrado, diseñado para los paneles funcionó, manteniendo hidratado al sustrato de la cubierta vegetal y reutilizando agua de lluvia, la solución para forraje verde hidropónico (FVH) utilizada, mantuvo una cubierta vegetal estéticamente atractiva, el sustrato compuesto es capaz de retener la humedad, evitando la deshidratación del mismo y de la cubierta. Así mismo la malla metálica usada para su contención, representa un componente importante para evitar el desprendimiento del

sustrato, el sistema de energía fotovoltaica, resultó adecuado para realizar el riego diario de ambos paneles automáticamente, sin necesidad de conectarse a una toma de corriente alterna, la hidrosiembra experimental, resulto ser un éxito, al alcanzar el 98% de cobertura vegetal, además de presentar una adecuada adherencia y fácil manejo, es posible realizar una naturación con semillas en una zona urbana, sí se cuida la humedad de la hidrosiembra durante los primeros periodos del establecimiento de la cubierta vegetal, la mezcla de semillas utilizadas para la hidrosiembra es confiable, ya que tiene un adecuado porcentaje de germinación y genera una cubierta vegetal estética, con diferentes tonalidades de verde.

Behrens R. (2013). En su trabajo de investigación titulado “Análisis del desempeño térmico y lumínico en edificios de oficina a partir de monitoreo experimental” tuvo como objetivos, Evaluar el desempeño térmico y lumínico de los distintos sistemas constructivos de envolvente en los edificios de oficina, mediante el análisis de confort térmico y lumínico, para el diseño de edificios de oficina en relación a las variables climáticas de la ciudad, llegando a las siguientes conclusiones: En Chile se construyen aproximadamente 4,18 millones de metros cuadrados anuales en edificios corporativos e industriales, de los cuales el 30% se construye en Santiago, Región metropolitana de Chile. En el país aún no existe norma que regulen el uso de la energía para acondicionamientos térmicos de los edificios de oficina, aún no se toma conciencia del gran impacto ambiental que se está produciendo al permitir la exportación de diseños desde otros países con climas completamente diferentes al nuestro, que para su correcto funcionamiento requieren de un altísimo consumo de energía. Como se ha dicho anteriormente, el diseño y construcción de edificios de oficina en el país se realiza normalmente en base a modelos o patrones traídos de otros países, aun cuando éstos presenten climas totalmente diferentes a los que existen en la ciudad de Santiago. Esta “importación” de diseños arquitectónico trae como consecuencia una serie de impactos tanto en el consumo energético como en el confort de los usuarios. Como se ha analizado a lo largo de la tesis, el utilizar ciertas estrategias, tales como la doble piel y el uso de fachadas completamente vidriadas, trae grandes problemas en relación a su desempeño energético, tales como el sobrecalentamiento, producto del efecto invernadero y el deslumbramiento por el escaso control lumínico, que para su solución requiere de una alta demanda de energía para llegar a los niveles de confort de los usuarios. Actualmente, este tipo de estrategias es muy utilizado en Chile sin

preocupación alguna sobre los efectos en los consumos de energía y en el confort de sus usuarios.

Córdova, F. (2013). En su investigación titulada “Evaluación Tecnológica de dispositivos integrados de naturación y captación pluvial en la vivienda de México” describe la construcción de un instrumento metodológico de evaluación tecnológica, a través de la aplicación de modelo IDEF0, el cual se integra por matrices de ponderación y asociación de conceptos, pretendiendo interrelacionar los conceptos de viabilidad tecnológica, impacto ambiental de la tecnología y valoración de atributos, para con los resultados de su aplicación, facilitar el rediseño y generación de soluciones integradas de naturación entendida esta como la recuperación coherentemente de la flora y fauna autóctonas en el medio construido, y de captación de agua de lluvia, de manera novedosa y adecuada a las particularidades que plantea la gestión del agua y las áreas verdes en la vivienda mexicana, llegando a la siguiente conclusión, el modelo planteado en IDEF0, vincula efectivamente los tres conceptos previstos inicialmente de viabilidad tecnológica, impacto ambiental y valoración de atributos, desde la perspectiva teórica pretende situarse dentro de lo previsto por las tecnologías ecológicamente racionales, reconociéndose a sí mismo como un componente de un proceso de desarrollo e innovación, sin embargo su utilización como herramienta que promueva el rediseño puede ser limitado si se conjuga la inexperiencia del equipo de diseño y la falta de información confiable en cuanto a tecnologías disponibles y sus impactos ambientales de su ciclo de vida.

Heredia, C. (2012). En su investigación titulada, “Infraestructura verde: un espacio para la innovación de la cubierta vegetal”, tiene como conclusión, el proyecto de investigación produjo un método de evaluación y un marco de valoración actual y específico para dos tipologías de IV. Esta herramienta está inscrita en las prácticas comunes de estos sistemas, basados en criterios que responden a los asuntos y problemáticas globales descritos en lo estudiado. De esta manera, la IV, que también llamaremos sistemas socio – ecológicos, llevadas a cabo bien sea de manera formal e informal (en sus sistemas y prácticas) están vinculadas a cuestiones fundamentales del presente como son la sostenibilidad y la calidad de vida en la ciudad, a través de criterios e indicadores que dan cuenta de la influencia que tienen estos sistemas en nuestras vidas. Independientemente del servicio del sistema socio – ecológico que

estudiemos, de las diversas tipologías, finalmente tenemos una muy necesaria herramienta multi funcional para evaluar los impactos sociales, económicos y ambientales tanto local como global, tanto formal como informal y con posibilidad de verificar y validar su habilidad y compatibilidad para crear cambios beneficiosos y sostenible en la ecología humana del presente.

Pérez, L. (2011). En su investigación titulada: “Cubiertas verdes en Cuba. Evaluación de prototipo experimental”, realiza una evaluación del prototipo experimental de cubierta verde construido en el CECAT en el año 2002, encaminada a brindar recomendaciones con vistas a la continuación de las investigaciones sobre este tema y al desarrollo de futuras cubiertas verdes en Cuba.

Llegando a la conclusión que las cubiertas verdes se emplean fundamentalmente en países desarrollados de clima frío y se clasifican de acuerdo con su inclinación y el tipo de verdeado. Se componen por capas que generalmente son: membrana de impermeabilización, lámina de protección contra la perforación de raíces, capa de drenaje, capa de filtro, sustrato y vegetación, en las cubiertas de verdeado extensivo los sustratos deben ser inertes para evitar un desarrollo excesivo no deseado de la vegetación, que a su vez debe ser resistente a sequías, vientos, acumulaciones de agua, y sobrevivir con poco mantenimiento.

Mary, W., Arruda, J. et al. (2010). Realizaron la investigación titulada “Tecnologias alternativas de produção vegetal em telhados verdes em áreas de interesse social” teniendo como objetivo general, transferir tecnología de cultivo alternativo para producción vegetal en áreas de interés social, con vistas a la urbanización y mejora de la calidad de vida.

Los objetivos específicos fueron: Diagnosticar la Comunidad de Coqueiral como potencial de viabilidad de implantación de las tecnologías desarrolladas, a fin de divulgar y ampliar los efectos de las acciones, así como el Público-objetivo; Instalar unidades demostrativas de tejado verde en las dos comunidades atendidas por el proyecto, con el fin de estimular su uso debido a los efectos benéficos para la disminución de la temperatura interna y externa de la edificación (comodidad del ambiente e islas de calor), la disminución de la velocidad de flujo superficial de aguas pluviales (inundaciones y reutilización de aguas pluviales); Utilizar envases de

refrigerantes (botellas del tipo "PET") en cultivo vertical apuntando opciones de cultivo de hortalizas y / o plantas medicinales con el reúso de aguas pluviales.

Llegando a las siguientes conclusiones, los sistemas constructivos con columnas de botella del tipo "PET" y el control para riego con los sistemas propuestos, fueron adecuados en relación con el concepto de agricultura urbana. El establecimiento de nuevos paradigmas tecnológicos posibilita el aprovechamiento de las tecnologías alternativas por otros municipios de la Región Metropolitana de Río de Janeiro que poseen comunidades con características similares a las beneficiadas por este proyecto. En cuanto a las ganancias intangibles el proyecto cumplió sus objetivos que a priori eran la formación ciudadana e integrada de los alumnos de la universidad con su entorno; el abordaje integral de las diversas acciones de la extensión, contemplando la característica de interdisciplinariedad y la valorización del saber popular y su integración con los conocimientos y experiencias acumulados en la academia.

Layrargues, P. (2000). En su artículo de investigación titulado “Sistemas de gerenciamiento ambiental, tecnología limpia y consumidor verde”, sostiene el argumento de que la ISO 14000 no resolverá la compleja problemática ambiental brasileña. Postulamos aquí, que su incorporación en la empresa no representa todavía un cambio paradigmático hacia la sustentabilidad, sino un cambio de la cultura empresarial provocada más por las transformaciones político-económicas mundiales que por una posible concientización ambiental. A pesar de que la tecnología limpia se apunta como la mayor ventaja competitiva contemporánea en el actual escenario de desregulación gubernamental, su alcance todavía está limitado debido a su intrínseca dependencia de la demanda de un significativo mercado verde.

1.4.2. Antecedentes Nacionales

Rivera J. (2018). En su tesis titulada “Efecto de la aplicación de un jardín vertical, en la mejora de las condiciones ambientales en la I.E Francisco Tejada Rojas, Moyobamba – 2017” tuvo como Objetivo, evaluar el efecto de la aplicación de un jardín vertical en la mejora de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa en la institución educativa, basado en un diseño experimental posttest con grupo de control. El

grupo experimental es el que recibe la influencia de las variables de las condiciones ambientales como: Temperatura y humedad relativa, y el grupo control sirve de como referencia para apreciar las variaciones que se produzcan en el grupo anterior, llegando a las siguientes conclusiones, la aplicación de un jardín vertical ha permitido generar la mejora de las condiciones ambientales en la I.E “Francisco Tejada Rojas”, Moyobamba – 2017, puesto que en los resultados obtenidos se observa una diferencia significativa entre el grupo de control y experimental. La aplicación de un jardín vertical, produce un 29% de la variación en la humedad; esto se establece puesto que la variación de las medias para el grupo control: 70.8 ± 6.53 mientras que el grupo experimental: 67 ± 5.88 , por lo tanto, se concluye que la aplicación del jardín vertical es favorable para la reducción de la humedad. La aplicación de un jardín vertical, produce un 17% de la variación pues las diferencias de las medias son mostradas: grupo de control: 23.07 ± 1.54 ; experimental: 21.28 ± 1.27 , por lo tanto, la aplicación del jardín vertical es favorable para el mejoramiento de las condiciones ambientales puesto que reduce la temperatura en el grupo control.

Condori F. (2016). En su investigación titulada, “Naturación de azotea aplicando *Aptenia Cordifolia* y su efecto sobre la temperatura y humedad relativa en un sistema piloto”, tuvo como objetivo, conocer los efectos de la aplicación de *Aptenia cordifolia*, sobre la temperatura y humedad relativa, en una azotea piloto, mediante estaciones registradoras y celdas de cubierta vegetal, con la finalidad de proponer la naturación de azoteas para incrementar áreas verdes en el Distrito de Breña – Lima, para lo cual utilizó el método deductivo de muestreo no probabilístico y de diseño experimental, ya que selecciona dos áreas con similares características, aplicando a una de ellas cubiertas vegetales de *Aptenia cordifolia* (azotea con naturación), para su evaluación y comparación con la azotea sin cubierta vegetal. Esta investigación fue realizada en azotea del pabellón “B (parcela Meteorológica de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo) del Anexo 8 de la Universidad Nacional Federico Villarreal, los resultados obtenidos fueron registrados durante las 24 horas por un periodo de 5 meses (agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2015), los cuales se procesaron y analizaron llegando a las siguientes conclusiones, la variación de las temperaturas obtenidas en la azotea con cubierta vegetal (4 m²), logran reducir hasta un 4.46 °C en promedio, con respecto a las temperaturas obtenidas en la azotea sin cubierta vegetal, en el caso de la humedad relativa, en la azotea con cubierta vegetal, se logra

incrementar hasta un 17.41 % en promedio, con respecto a los valores obtenidos en la azotea sin cubierta vegetal, este comportamiento temporal, se presenta en las horas donde la temperatura se va incrementando, entre las 10 a.m. y las 4 p.m. en la mayoría de los meses evaluados, generando un efecto refrescante en el área de estudio.

Tandazo J. (2015). En su tesis titulado “Implementación de un prototipo de jardín vertical para mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados” tuvo como objetivos, Determinar la asociación de las plantas y de una sola planta para el prototipo de jardín vertical que permita adecuadas condiciones ambientales, realizar la selección de sustrato que permita controlar la humedad de las plantas en el prototipo del jardín vertical, así mismo medir las condiciones ambientales como temperatura, humedad y velocidad del viento en las cabinas de ensayo con el prototipo y sin prototipo de jardín vertical en convección natural y forzada para su análisis de los promedios diarios de los datos obtenidos, basado en un diseño experimental postest con grupo de control, llegando a las siguientes conclusiones, en el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas sobrevivieron todas las especies y se obtuvo las alturas de las diferentes plantas como son: El helecho (*Nephrolepis exaltada*) número 1 en el día del trasplante de 54,8 cm, Hiedra (*Hedera helix*) numero 1 de 57,7cm, Cinta (*Chlorophytum comosum*) número 1 de 26 cm, y la espada de San Jorge (*Sansevieria trifasciata*) número 1 de 38cm, transcurridos los 40 días después del trasplante se tiene de 58,5, 28,5, 62,5 y 24 cm, lo mismo se puede apreciar para los demás número de plantas 2,3,4 de cada especie de estudio indicando que las plantas se desarrollaron adecuadamente.

En los análisis de los diferentes sustratos realizado por el laboratorio de Ciencias Ambientales (UNACH), se obtuvo en el sustrato sunshine mix 3 el mayor porcentaje de humedad de 46,83 %, y elementos esenciales altos en Nitrógeno, Fosforo y Potasio que permitieron el desarrollo y sobrevivencia de todas las especies en los prototipos de helechos y de asociación de plantas para el ensayo dentro de las cabinas, así mismo de acuerdo al análisis estadístico T-student se concluye que con la implementación del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas se tiene cambios en las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada, mientras con la implantación del prototipo de helechos no se tiene diferencias significativas de las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada.

1.5. Justificación de la investigación

A través de esta investigación, nos permitirá conocer la variación de las condiciones ambientales (confort térmico), por incidencia de las cubiertas vegetales (naturación vertical) dentro de las edificaciones comerciales, lo cual contribuirá con el incremento de áreas verdes, normado por la Organización Mundial de la Salud, poniendo en contacto al usuario con la naturaleza y generando beneficios ambientales para la salud, creando un ambiente paisajístico agradable, disminuyendo la sensación térmica cuando se presentan elevadas temperaturas por origen antrópico (actividad laboral) o por la radiación solar. Así mismo la presente investigación, permitirá evaluar la factibilidad económica (costo beneficio) del proyecto, para su producción a gran escala, mediante una empresa de tecnología ambiental.

Esta investigación tiene como finalidad mejorar las condiciones ambientales regulando el microclima en interiores de las edificaciones comerciales e urbanas, lo cual está relacionada con la política Nacional Ambiental, en el eje de política 2, Gestión Integral de la calidad ambiental, se encuentra la Calidad del Aire y dentro de sus lineamientos tiene como uno de sus objetivos, Establecer medidas para prevenir y mitigar los efectos de los contaminantes del aire sobre la salud de las personas.

La población beneficiaria de este proyecto, son todos los usuarios de las edificaciones urbanas – comerciales, que laboran y pasan el mayor tiempo del día, dentro de ellas quienes se encuentran propensas a los efectos de la contaminación del aire interior, producido por las actividades antrópicas.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Disponibilidad por parte de las autoridades responsables de la administración de los edificios comerciales para brindar información del establecimiento.
- Disponibilidad de recursos logísticos para realizar mediciones de parámetros de confort térmicos en toda la edificación.
- Disponibilidad de los usuarios, de la edificación comercial, para facilitar el área de experimentación con los paneles naturados.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General.

Desarrollar tecnologías de naturación vertical para analizar sus efectos en el confort térmico en edificaciones comerciales de Cercado de Lima, considerando el costo beneficio del proyecto.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un modelo piloto de jardín vertical, considerando la viabilidad técnica, para interiores de edificaciones comerciales.
- Evaluar las condiciones ambientales (confort térmico), dentro de la edificación comercial centro Lima, basado en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en lugares de trabajo.
- Analizar la incidencia de la naturación vertical piloto, en el confort térmico de edificaciones comerciales.
- Determinar el costo beneficio del proyecto, mediante proyecciones financieras.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis General

- La tecnología naturación vertical desarrollada, mejorará las condiciones Ambientales al interior de las edificaciones comerciales de Lima Cercado.

1.8.2. Hipótesis Específicas

- El desarrollo de un panel naturado, con sistema hidropónico de orientación vertical, mejora las condiciones ambientales en los interiores de edificaciones comerciales.
- Las condiciones ambientales, en las edificaciones comerciales, exceden las disposiciones mínimas de seguridad y salud en lugares de trabajo.
- La tecnología de naturación propuesta, incidirá de manera directa, en el confort térmico al interior de las edificaciones comerciales.
- El costo beneficio del modelo tecnológico de panel naturado será favorable como proyecto Ecológico para ser replicado en otras edificaciones.

II. Marco teórico

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Conceptos de variables

Tecnología. - La tecnología básicamente hace uso del conocimiento científico, del saber probado, para llevar a cabo la solución de problemas de carácter práctico. Generar tecnología es procurar el diseño y ejecución de tareas que posibilitan el ir de una realidad presente a una realidad deseada, producir artefactos o conocimientos operativos. De esta manera, actualmente existen numerosos bienes de consumo vinculados a contribuciones tecnológicas; estas mismas contribuciones procuran que las actividades de producción prescindan con mayor frecuencia del esfuerzo y de la mano del hombre (García, 2010).

Para M. Bunge (1985) la tecnología es el vastísimo campo de investigación, diseño y planeación que utiliza conocimientos científicos con el fin de controlar cosas o procesos naturales, de diseñar artefactos o procesos, o de concebir operaciones de manera racional.

Naturación.- Se trata de un tratamiento técnico con vegetación especialmente adaptada para superficies edificadas horizontales, verticales o inclinadas de construcciones habitacionales, comerciales, privadas y públicas con el objeto de obtener una capa multifuncional sobre dichas superficies, obteniendo resultados ambientales, sociales y económicos. (Torres, 2009).

Naturación Urbana. - También llamada Urbanaturación, se basa en aplicar criterios en el diseño de las cubiertas, con bajo costo de implantación y mantenimiento mínimo que permitirá su sostenibilidad. Para ello se utilizan especies vegetales resistentes a las condiciones medioambientales específicas de cada ciudad (Briz J. 2004).

Jardín vertical. - Es una técnica diseñada para disminuir problemas de tipo ambiental, de salud, social y cultural en las urbes. A menudo estos jardines son charolas de vegetación sembradas en monocultivo para lograr visualmente algún tipo de diseño. (Daures, 2011).

Confort térmico

El Confort térmico es una sensación de percepción neutral del sujeto en relación a un ambiente térmico específico (**Astudillo, 2009**).

2.1.2. Conceptos Generales.

Proyecto. -

El proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto o un servicio único (**Kerzner, 2017**).

Aire Interior. - El término de aire interior suele aplicarse a ambientes de interior no industrial: edificios de oficinas, edificios públicos, (colegios, hospitales, teatros, restaurantes, etc) y viviendas particulares (**Solá, 2012**)

Contaminante del Aire. - Cualquier sustancia presente en el aire que por su naturaleza sea capaz de modificar los constituyentes naturales de la atmósfera, alterando sus propiedades físicas o químicas.

La contaminación atmosférica o contaminación del aire es, por consiguiente, una de las formas principales en que puede ser degradado o afectado parte del ambiente. Yassi A la describe como “la emisión al aire de sustancias peligrosas a una tasa que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos y depositarlos o diluirlos por medio del viento y el movimiento del aire”. (**Yassi, Kjellstrom, de Kok, Guidotti, 2002**).

Temperatura. - La temperatura de un cuerpo es una medida de su estado relativo de calentamiento o enfriamiento, cuando tocamos un cuerpo, nuestro sentido del tacto nos permite hacer una estimación del grado de calentamiento o enfriamiento del cuerpo con respecto a la parte de nuestra piel que está en contacto con dicho cuerpo. (**Peña, 2007**)

Humedad relativa (HR). - Es la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura (**ALPI, 1999**).

Estándar de Calidad Ambiental (ECA). - Es un instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. El ECA establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente. **(Ministerio del Ambiente, 2017)**

Compuestos Orgánicos Volátiles COV. - Son todos aquellos compuestos de base carbono (excluidos el monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbónico, los carburos y carbonatos metálicos y el carbonato amónico) y que participan en las reacciones atmosféricas fotoquímicas. Se excluyen de la definición, entre otros, metano, etano, diclorometano, tetracloruro de carbono, tricloroetileno, tetracloroetileno y muchos CFCs y HFCs (Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos - USEPA, 1994).

Edificaciones comerciales. - Edificio o establecimiento cuya actividad principal es la venta de productos directamente al público o la prestación de servicios relacionados con los mismos, incluyendo, tanto las tiendas y a los grandes almacenes, los cuales suelen constituir un único establecimiento con un único titular, como los centros comerciales, los mercados, las galerías comerciales, etc. **(Real Decreto, 2006)**

Microclima. - Son las condiciones solares, radiación terrestre, viento, temperatura del ambiente, precipitaciones que se dan en un espacio exterior pequeño. Dándole características particulares al lugar. **(Gálvez, 2016)**

Gases atmosféricos. - Los gases atmosféricos son los gases normalmente encontrados en el aire que nos rodea. Ellos son: aire, argón, dióxido de carbono, helio, nitrógeno y oxígeno. De estos gases, el argón, el oxígeno y el nitrógeno se producen principalmente por la separación del aire en los componentes que los constituyen. Esto normalmente se logra reduciendo la temperatura del aire hasta que cada componente se licua y se puede extraer. De los dos gases restantes, el dióxido de carbono se produce como subproducto de varios procesos químicos. **(The Linde group, 2018).**

Cubierta vegetal. - Conocidos como techos verdes, también como techos ecológicos, cubiertas verdes, sistemas de naturación y azoteas verdes, son una nueva forma de incorporación de masa vegetal a la vida urbana, en aquellos espacios que han sido poco valorados como los envolventes de las edificaciones **(García, 2012).**

2.2. Marco Referencial

De acuerdo a la investigación abordada, se ha considerado en el marco teórico la situación actual y diagnóstico situacional con respecto a la problemática de áreas verdes, que afronta Lima Metropolitana y que esto genera un efecto isla de calor urbano, esto es, punto de partida para la comprensión absoluta del tema a tratar, siendo de fundamental importancia para relevar el impacto de sus efectos y las razones de nuestra propuesta.

2.2.1. Áreas verdes en Lima Metropolitana

Lima es un modelo de ciudad que no ha respetado el estándar mínimo de área verde por persona. La OMS establece 9 m² por habitante de áreas verdes para asegurar la calidad ambiental. Al año 2009, en Lima se tenía 1,98 m² por habitante, lo que representa un déficit de 3 785 hectáreas, lo cual ha incrementado la brecha entre la oferta y la demanda de áreas verdes y recreativas. (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2012).

Tabla 1.

Índice de áreas verdes en m² / hab. en Lima Metropolitana desde 1908 al 2011

Año	Habitantes	Superficie total Lima(Ha)	Áreas verdes (Ha)	% de la superficie total de Lima	Índice Real (m ² /hab.)
1908	140,884	1,292.43	232.20	17.97	16.48
1920	176,467	1,426.29	304.81	21.37	17.27
1938	590,000	4,606.29	368.00	7.99	6.24
1948	900,000	7,216.04	110.77	1.54	1.23
1954	955,000	8,155.00	333.50	4.09	3.49
1967	2,700,000	16,363.00	700.00	4.28	2.59
1993	7,137,971	279,402.00	1,367.88	0.49	1.92
2007	8,472,935	34,801.59	1,725.44	4.96	2.04
2008	8,482,458	34,801.59	2,386.77	6.86	2.81
2011	8,898,334	34,801.59	2,650.74	7.62	2.98

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima, 2012.

2.2.2. Índice de Área verde por habitante en Lima Metropolitana

El Índice de área verde por habitante, que incluye todos los niveles de parques, se ha venido reduciendo en la medida que la población ha crecido y no se ha incrementado el área libre en la misma proporción. A nivel de Lima Metropolitana, los distritos con

mayor índice de área verde son los residenciales de clase media alta de Lima Centro, que se ocuparon en forma planifica, así como los distritos balnearios de Lima Sur, que superan el índice de área verde recomendada por la OMS. Los distritos consolidados de clase media son los que cuentan con un índice alrededor de 4 m²/habitante. Los distritos con menor índice son los que surgieron de la ocupación espontánea. (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2012).

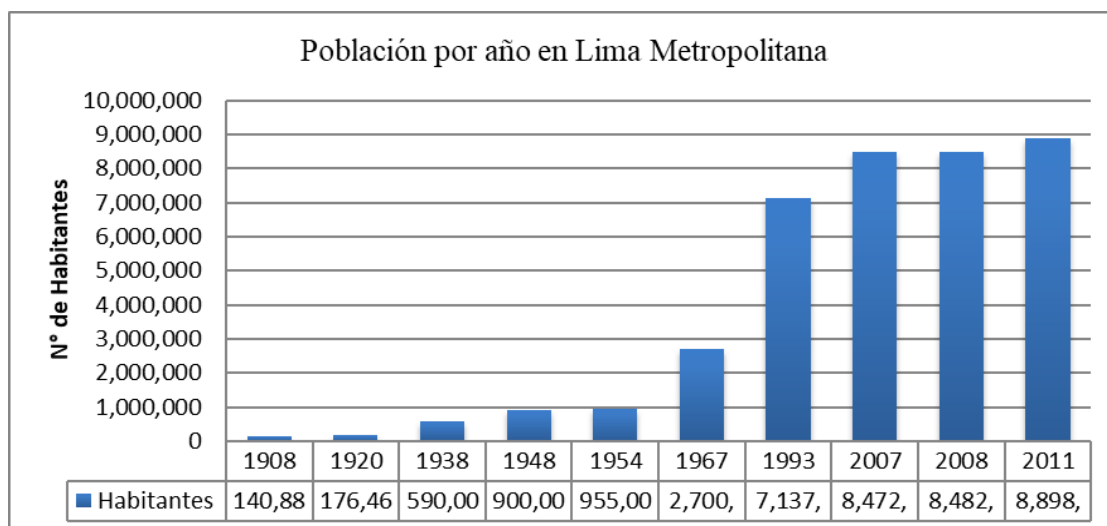


Figura 1. Incremento de la población en Lima Metropolitana

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima, 2012.

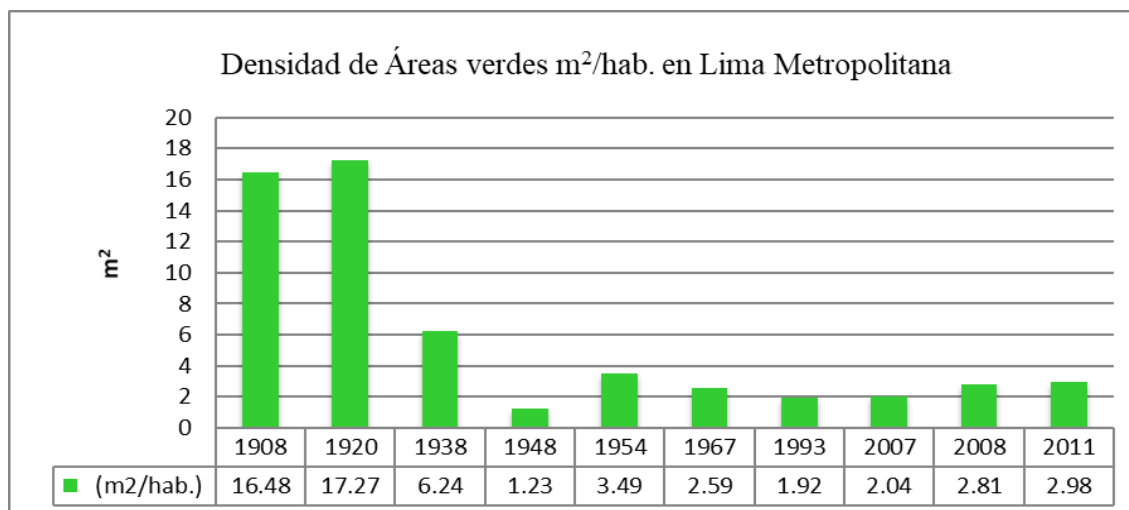


Figura 2. Densidad de áreas verdes por habitante en Lima Metropolitana

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima, 2012

Desde 1948 Lima Metropolitana cayó abruptamente en la carencia de los 9 m² de áreas verdes por habitante, como lo indica la Organización Mundial de la Salud, siendo uno de los factores la migración e incremento de la población, sin embargo, la causa

fundamental fue la nula planificación en materia ambiental, el desarrollo desordenado y arbitrario del sistema urbano, sin considerar que en algún momento colapsaría la capital, y nos encontraríamos inmersos en la contaminación.

Tabla 2.

Índice de áreas verdes por habitantes por cada distrito de Lima Metropolitana

Distritos	Población 2007	Áreas verdes (m²)	m² área verde/ hab.
SAN LUIS	54 634	1 137 433	20,8
PUNTAHERMOSA	5 762	98 683	17,1
SAN ISIDRO	58 056	965 789	16,6
MIRAFLORES	85 065	1 107 163	13
SAN BORJA	105 076	1 331 341	12,7
LA MOLINA	132 498	1 406 288	10,6
SANBARTOLO	6 412	60 819	9,5
JESUS MARÍA	66 171	604 378	9,1
SAN MIGUEL	129 107	760 144	5,9
PUNTANEGRA	5 284	26 174	5,0
SANTAROSA	10 903	51 213	4,7
SANTIAGO DE SURCO	289 597	1 315 615	4,5
LOS OLIVOS	318 140	1 330 493	4,2
MAGDALENA VIEJA	74 164	301 817	4,1
SAN MARTÍN DE PORRES	579 561	2 131 877	3,7
SURQUILLO	89 283	327 800	3,7
LIMA	299 493	906 080	3,0
SANTA ANITA	184 614	532 000	2,9
LINCE	55 242	154 248	2,8
ATE	478 278	1 318 270	2,8
CHORRILLOS	286 977	762 255	2,7
MAGDALENA DEL MAR	50 764	134 157	2,6
LA VICTORIA	192 724	506 564	2,6
BARRANCO	33 903	80 698	2,4
COMAS	486 977	1 018 068	2,1
ANCÓN	33 367	65 000	1,9
CARABAYLLO	213 386	413 806	1,9
EL AGUSTINO	180 262	340 120	1,9
VILLA EL SALVADOR	381 790	679 225	1,8
CHACLACAYO	41 110	64 610	1,6
INDEPENDENCIA	207 647	313 613	1,5
PUCUSANA	10 633	12 884	1,2
RÍMAC	176 169	202 023	1,1
PACHACÁMAC	68 441	76 426	1,1
SAN JUAN DE MIRAFLORES	362 642	384 386	1,1
LURIGANCHO	169 359	171 689	1
PUENTE PIEDRA	233 602	193 552	0,8
LURÍN	62 940	36 241	0,6
VILLA MARÍA DEL TRIUNFO	378 470	176 300	0,5
BREÑA	81 909	32 025	0,4
SAN JUAN LURIGANCHO	898 443	243 607	0,3
CIENEGUILLA	26 725	6 400	0,2
TOTAL	7 605 581	21 781 274	2,9

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima, 2012.

Lima Cercado, es uno de los distritos con menor densidad de áreas verdes por habitante, como se presenta en la tabla 4.

2.2.3. Orígenes de los Centros Comerciales

Los orígenes más remotos de los centros comerciales los encontramos en el ágora griega, el foro romano o el bazar oriental; en la América colonial, estarían en los mercados al menudeo en las plazas de las ciudades y pueblos. Luego, la idea fue tomando cuerpo en la segunda mitad del siglo XIX, cuando nacieron en las principales ciudades europeas -e impresionaron por sus audaces construcciones férreas- la *Galleria Vittorio Emmanuele II* en Milán (1865-1877), la *Kaisergalerie* en Berlín (1871-1873, destruida en 1944) o el afamado almacén por departamentos *GUM* en Moscú (1888-1893). Sin embargo, tal como los entendemos ahora, los también llamados *malls* o plazas comerciales, datan de los años 50, luego de la Segunda Guerra Mundial, y su definición ha ido evolucionando hasta ahora (Orrego, 2010).

Los estudios técnicos coinciden en que el primer centro comercial grande al estilo moderno fue el *Northgate Center*, construido en 1950 en los suburbios de Seattle (Estados Unidos). Fue diseñado por Victor Gruen, considerado el “padre” de los centros comerciales modernos. El *Northgate Center* fue el primer centro con un pasillo central (*mall*) y un almacén ancla que se ubicó al extremo del centro comercial. El centro ofreció todo “bajo un techo” y permitió hacer compras independientemente del clima o de los problemas de parqueo (Orrego, 2010).



Figura 3. El Northgate de Seattle (1950)

Fuente: Orrego, 2010.

2.2.3.1. La primera galería comercial en Lima

Los ya legendarios centros comerciales que hoy vemos en nuestra ciudad tuvieron sus antecedentes en los años cincuenta, cuando se inauguró la primera galería comercial: **Galerías Boza**. En efecto, allá por 1956 fue inaugurado, en pleno Jirón de la Unión, el primer ensayo de centro comercial en Lima, propiedad del ingeniero Héctor Boza (primer vice-presidente durante el gobierno de Odría y embajador en Francia durante el segundo gobierno de Prado). Fue también aquí donde se instaló la primera escalera mecánica que vieron los limeños. Entre finales de los años cincuenta y durante toda la década de los sesenta, “Galerías Boza” fue la más lujosa y moderna galería comercial de Lima. Aquí tenían sus tiendas Ternos Mister, la Casa Lyon y la Casa del Hippie; dos sucursales de librerías “La Familia”; tres peluquerías y salones de belleza: “Peinados y Pelucas Ángel”, “Rosa Silva” y de Jorge Vásquez; dos tiendas de discos: “Héctor Rocca” y “Discos Boza” (abierta en 1966); también restaurantes, como el “Café Galería” y el famoso “Dominó” (inaugurado en 1956 y frecuentado por Sérvulo Gutiérrez, cuyos dibujos decoraron sus paredes; el poeta César Calvo también era un asiduo del local); asimismo, había joyerías (como la Casa Bancharo), platerías y zapaterías (Orrego, 2010).



Figura 4. Galerías Boza

Fuente: Orrego, 2010.

En los años setenta, se instaló una sucursal de la desaparecida firma de artefactos electrodomésticos “Yompián”. Lamentablemente, parte de todo esto fue saqueado o destruido durante los disturbios del 5 de febrero de 1975. Las Galerías Boza fueron parcialmente incendiadas y no volvieron a ser las mismas. Actualmente su estado es deprimente. Quizá el único negocio que queda de los setentas es una estructura de madera y vidrio que está en el pasadizo, entrando por el Jirón de la Unión, donde se venden puros, encendedores y regalos varios (Orrego, 2010).

Galerías y centros comerciales del centro histórico de Lima

Las edificaciones comerciales que se encuentran distribuidas dentro del centro histórico de Lima se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Galerías y Centros Comerciales del Centro Histórico de Lima

Zonas Comerciales	Galerías y Centros Comerciales	Stand	Galerías con Licencia de Funcionamiento
Mercado Central y Mesa Redonda	138	16,669	65
Conglomerado Comercial Las Malvinas	37	9,394	10
Damero (Lima Cuadrada)	96	6,497	29
Jr. De La Unión y Entorno	5	272	2
Conglomerado De Wilson	15	2,069	9
Conglomerado Comercial Grau	42	7,937	21
Barrios Altos y Manzanilla	14	1,201	0
Total	347	44,039	136

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima, 2010.

2.2.4. Contaminación del Aire Interior

En el aire interior se encuentra una mezcla de contaminantes procedentes de diferentes fuentes. La mayor parte de estas fuentes se encuentran en el interior, pero es de destacar el hecho de que el aire exterior que entra en la vivienda, puede introducir contaminantes que no se originan en este ambiente, por lo que dicho aire exterior se encuentra reseñado como una de las fuentes de contaminación en el interior. El ambiente interior en cualquier clase de edificio, incluidas viviendas, es un resultado de la interacción entre el sistema del edificio (diseño original y las subsecuentes modificaciones en la estructura y los sistemas mecánicos), las técnicas de construcción, las fuentes de contaminación (materiales de construcción y mobiliario, humedad, procesos y actividades dentro del edificio), los ocupantes del edificio y las fuentes externas (**Franchi, Carrer et al. 2006**).

La concentración resultante depende de una compleja interacción de varios factores que afecta a la introducción, dispersión y retirada de los contaminantes (**Environmental Protection Agency s.f.**).

Tipo, naturaleza y número de fuentes.

- Características de uso de la fuente.
- Características del edificio.
- Tasas de infiltración y ventilación.
- Mezcla de aire entre y dentro de los compartimentos de un espacio interior.
- Tasas de retirada y potencial reemisión o generación por las superficies interiores y transformaciones químicas.
- Existencia y efectividad de sistemas de retiradas del aire contaminado.
- Concentraciones en el exterior.

Diversos estudios señalan que los contaminantes en el aire interior pueden estar en mayor cantidad que los del aire exterior (**Vargas & Gallego, 2005**).

Hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Las concentraciones de contaminantes en interiores no se reducen significativamente cuando el aire exterior entra en los edificios (**Vargas & Gallego, 2005**).
- b) Las personas pasan aproximadamente el 90% de su tiempo en espacios interiores

- c) Dentro de los edificios se concentran nuevas fuentes de contaminación del aire por los cientos de productos que se utilizan en ellos (Environmental Protection Agency, s.f.)

2.2.4.1. Contaminantes Principales

Los principales contaminantes que se encuentran en el aire interior de viviendas, oficinas, locales de ocio, etc. son:

- Monóxido de carbono, CO
- Compuestos orgánicos volátiles, COV
- Dióxido de azufre, SO₂
- Partículas
- Asbestos
- Ozono
- Contaminantes biológicos
- Productos de uso doméstico
- Óxidos de nitrógeno, NO_x
- Radón
- Humo ambiental de tabaco

Un factor importante que no constituye en sí mismo un contaminante, pero sí está relacionado con la calidad del aire interior y efectos en salud y de gran importancia es:

- Altas temperaturas

2.2.5. Síndrome del edificio enfermo SEE.

El término síndrome del edificio enfermo hace referencia a edificios en los cuales la mayoría de los ocupantes experimentan efectos agudos en la salud y el confort que parecen estar relacionados con el tiempo que pasan en el edificio pero que no pueden relacionarse con ninguna enfermedad específica ni puede identificarse ninguna causa (**Franchi, Carrer et al., 2006**).

Las quejas pueden ocurrir en una zona particular o en todo el edificio. Las quejas respiratorias, la irritación y la fatiga se asocian con el SEE. Los síntomas que generalmente se atribuyen a la pobre calidad de aire interior son: dolor de cabeza, fatiga, falta de aliento, congestión nasal, tos, estornudos, irritación ocular, nasal y de garganta,

irritación dérmica, mareos y náuseas. Los olores a menudo se asocian con la percepción de una pobre calidad del aire, causen o no síntomas. **Comunicación de la Comisión Al Consejo, Al Parlamento Europeo y Al Comité Económico y Social Europeo (2005)**

Se ha demostrado la relación entre la mala calidad del ambiente interior de un edificio y particularmente la presencia de partículas con la presencia de los síntomas asociados al síndrome del edificio enfermo. Igualmente se ha documentado la ausencia del Síndrome del edificio enfermo en edificios bien diseñados, ventilados y con un correcto mantenimiento (**Niven R., Fletcher A., et al 2000**).

a. Confort ambiental

El confort ambiental conceptúa únicamente a factores ambientales artificiales o naturales que son determinantes del estado de satisfacción o bienestar psicológico o físico. Bien es cierto que el confort se logra mediante la interrelación de muchos factores, con finalidad práctica se divide en muchos tipos acordes a la fuente de percepción sensorial que los involucra, de tal manera se tiene los tipos de confort que se detallan a continuación: lumínico, térmico, olfativo, psicológico y acústico (Eadic, 2012).

Finalmente, Corbella & Yannas (2003) describen el confort ambiental de la siguiente manera: una persona está comfortable ambientalmente cuando su ambiente físico está en neutralidad con relación a él.

b. Parámetros de confort ambiental

Los parámetros de confort vienen a ser las situaciones particulares del espacio que influyen en las impresiones de los usuarios. Se sustenta que dichas características son posibles de variación temporal y espacial, pueden dividirse en:

Parámetros Ambientales:

- Temperatura relativa
- Temperatura radiante media
- Velocidad media del aire

- Temperatura seca del aire
- Humedad relativa

Parámetros Arquitectónicos:

- Contacto visual y auditivo
- Adaptabilidad del espacio

Los Parámetros del medio ambiente son sumamente importantes y tal vez son los que con mayor profundidad se han analizado, debido a que estos pueden tener unidades de medida, por ello se han establecido valores y rangos estandarizados sobre los cuales es posible generar 18 situaciones de bienestar para la persona. Asimismo, es notoria la incidencia frontal que poseen las percepciones de las personas respecto de las cualidades físicas y medioambientales de un espacio, sin llegar estas a ser determinantes de las actividades y del uso que en ellos se propicien.

Los parámetros de arquitectura se encuentran estrechamente relacionados con las cualidades de las edificaciones y la adaptación al espacio, el contacto auditivo y visual que les posibilita a sus usuarios (Eadic, 2012).

c. Factores de confort

Vienen hacer esas condiciones innatas de los ocupantes que van a determinar su respuesta al ambiente. Están desvinculadas de los condicionantes externos y se integran a las cualidades fisiológicas, biológicas, psicológicas o sociológicas de las personas. Los componentes personales que vienen a ser la ropa (nivel de aislamiento), tiempo de estancia (aclimatación), color de piel y salud, historial visual, lumínico y acústico, edad, sexo, peso (constitución corpórea), vienen a ser los que más se utilizan para analizar el confort puesto que su medición es más sencilla. (Solana, 2011).

d. La percepción del confort en espacios abiertos

Se analizan las condicionantes climáticas de forma objetiva y la sensación del confort climático, mediante mediciones de los parámetros atmosféricos y haciendo uso de la aplicación simultánea de 19 cuestionarios. La sensación y posteriormente la utilización del espacio abierto se ve incidido por las condicionantes micro climáticas (temperatura del aire, humedad, flujos de radiación, velocidad del viento), de la misma forma por

parámetros de índole personal tales como la actividad, edad, vestimenta o parámetros de tipo psicológico (Oliveira & Andrade, 2007).

2.2.6. Tipos de Confort

Los tipos de confort son: térmico, lumínico, olfativo, psicológico y acústico

2.2.6.1. Confort térmico

El Confort térmico es una sensación de percepción neutral del sujeto en relación a un ambiente térmico específico. De acuerdo a la Norma ISO 7730 el confort térmico viene a ser la condición perceptual en la que se traduce la satisfacción del usuario con el ambiente térmico, dicho de otro modo, el confort está referido a un estado de la persona en dónde experimenta sensaciones de salud, bienestar y comodidad, al realizar la evaluación de las condiciones de confort de los espacios, el espacio térmico debe estar considerado junto con los demás factores tales como calidad del aire, niveles de ruido y luz, etc. Si la persona considera que su contexto diario no le resulta satisfactorio, entonces su rendimiento se reducirá de forma inevitable. Para arribar a la sensación de confort, el equilibrio entre ganancias y pérdidas de calor tiene que llegar a ser nulo preservando de esta manera la temperatura corporal, entonces se puede decir que se logra el balance térmico, el cuerpo del ser humano produce 20 calor a la misma vez este lo pierde para preservar la temperatura corpórea en su normalidad, esto conlleva inevitablemente a decir que se producen cambios de temperatura (calor) entre el ambiente y el hombre (Astudillo, 2009).

El confort térmico se define como la experimentación de bienestar que siente un individuo cuando se relaciona con el ambiente, en donde intervienen factores externos tales como: temperatura radiante, humedad relativa, temperatura del aire y velocidad relativa del aire; además intervienen componentes personales como: sexo, edad, actividad física y tasa metabólica (García et al., 2012).

- La sensación de confort térmico

La regulación de la temperatura en el nivel fisiológico se complementa con medios de regulación a nivel psicológico vinculados con la experimentación de confort térmico que varía según las condicionantes del medio, la sensibilidad personal y la clase de respuestas menos o más conscientes que posibilitan reponer el confort térmico a través del desplazamiento local, controlando la intensidad de la actividad, usando ropa, usando refugios y haciendo adecuados los diseños y la gestión edificatoria, las urbes y de los componentes globales reaccionan a escala de la atmósfera cómo se plantea el cambio climático (Astudillo, 2009).

- Factores del confort térmico

▪ Factores del usuario

a. Metabolismo; El metabolismo es el conjunto de reacciones y procesos físico-químicos que ocurren en una célula. Estos complejos procesos interrelacionados son la base de la vida a nivel molecular, y permiten las diversas actividades de las células: crecer, reproducirse, mantener sus estructuras, responder a estímulos, etc. El metabolismo se divide en dos procesos conjugados: catabolismo y anabolismo. Las reacciones catabólicas liberan energía; un ejemplo es la glucólisis, un proceso de degradación de compuestos como la glucosa, cuya reacción resulta en la liberación de la energía retenida en sus enlaces químicos. Las reacciones anabólicas, en cambio, utilizan esta energía liberada para recomponer enlaces químicos y construir componentes de las células como lo son las proteínas y los ácidos nucleicos. El catabolismo y el anabolismo son procesos acoplados que hacen al metabolismo en conjunto, puesto que cada uno depende del otro (Enciclopedia Médica, 2016).

b. Temperatura de la piel; Según Serra & Coch (2005) la piel es por donde se produce la mayor cantidad de disipación del calor producido por el metabolismo, a través del proceso de convección- conducción del aire y la de radiación se disipa el calor sensible conjuntamente con la más alta temperatura del aire exhalado en relación al inspirado, mientras que el calor latente es disipado por evaporación a través de la sudoración y con el agua que se elimina en la respiración.

c. Vestimenta

Según Serra & Coch (2005) la vestimenta actúa como una barrera térmica por su resistencia térmica y comportamiento al paso de la humedad. La vestimenta tradicional de un determinado lugar, además de estar relacionado con las características culturales, se relaciona con las condiciones del clima de la localidad, es decir, es uno de los principales 22 mecanismos al que recurre el ser humano para protegerse y aislarse térmicamente, características de la vestimenta como su espesor se relacionan con la resistencia térmica, a mayor espesor mayor resistencia (Toledo, 2011).

▪Factores del ambiente

a. Temperatura del aire

La temperatura es una magnitud de referencia involucrada en la percepción de calor o frío de un objeto, la temperatura del aire hace referencia al entorno que envuelve un cuerpo, es la responsable de regular la disipación de calor por conducción-convección y por respiración al ambiente.

b. Temperatura de radiación

La temperatura de radiación es la que se pondera de las áreas que envuelven los cuerpos e influyen sobre los intercambios de radiación.

c. Velocidad del viento

La velocidad del viento es la vinculación entre el espacio que recorre por el flujo del viento y el tiempo en el que realiza el recorrido, en el sistema internacional se miden en km/h o en m/s. En un factor que genera pérdidas de calor en el cuerpo mediante la disipación por convección y en la velocidad en la que se evapora la transpiración (Toledo, 2011).

d. Humedad relativa

La humedad relativa es la vinculación en porcentaje de humedad que presenta el aire y la cantidad requerida para saturarse a una igual temperatura, su nombre se debe a la característica del aire de retener mayor humedad a mayor temperatura. La característica más importante de la humedad relativa es que intensifica la percepción de calor o frío, esto por su relación directa con la temperatura, es decir, en climas cálidos un alto

porcentaje de humedad aumenta la percepción de calor debido al impedimento que causa en la transpiración, mientras que en climas fríos aumenta la percepción de frío. Este factor influye en la disminución de calor de los cuerpos mediante la evaporación de transpiración y la humedad cedida con la respiración (Toledo, 2011).

- Estrés Térmico

El estrés térmico se define como la sensación de incomodidad o molestia cuando la permanencia de un individuo en un ambiente determinado demanda esfuerzos exagerados que sobrepasan a los generados por los mecanismos del organismo para regular la temperatura interna al mismo tiempo que se genera el intercambio de agua y otras sustancias (Parra & Adriano, 2016).

- Adaptación térmica

Según un estudio realizado por los autores Nikolopoulou & Steemers (2003), la adaptación térmica se define como la reducción paulatina del comportamiento de los organismos ante la manifestación constante a un estímulo, en donde interfieren las acciones más apropiadas que permiten la supervivencia a un determinado entorno, las circunstancias de adaptación se pueden dividir en tres diferentes categorías: adaptación física, adaptación psicológica y adaptación fisiológica.

La adaptación física se relaciona con los cambios que realiza un individuo con la finalidad de adaptarse al ambiente, por lo tanto, se consideran dos tipos de adaptación:

i) Reactiva e ii) interactiva.

En la adaptación reactiva se producen cambios personales como: la modificación de la vestimenta, cambio de posición y postura, etc.; en la adaptación interactiva los individuos modifican condiciones del ambiente para conseguir confort, por ejemplo, con el uso de sombrillas en un espacio exterior. La adaptación psicológica es un elemento de gran influencia para establecer parámetros y condiciones de confort en espacios exteriores, los individuos logran adaptarse psicológicamente al entorno a través de las experiencias pasadas con el ambiente térmico, por lo que personas de diferentes partes del mundo tienen una percepción diferente del confort y logran adaptarse al medio en el que habitan (Nikolopoulou & Steemers, 2003).

- Confort térmico en espacios exteriores

En ambientes abiertos los elementos externos que influyen en el estrés térmico son más complejos que al interior, ya que intervienen aspectos como las características y radiación de los materiales, especialmente en épocas cálidas en donde conjuntamente influye la temperatura del aire (García et al., 2012).

El problema al evaluar el confort térmico de un espacio público se determina al momento de controlar las variables climáticas al exterior, las cuales son diversas y más difíciles de manejar debido a los factores micro climáticos como: humedad y temperatura del aire, temperaturas superficiales, viento y radiación que afectan directamente al balance energético de los individuos (Bravo & De la Torre, 2014).

2.2.7. La naturación urbana

La calidad de vida de una zona urbana y de sus habitantes depende en gran parte del mantenimiento de los espacios verdes, por lo que es cada vez más necesario la disposición y creación de áreas destinadas a la vegetación en el entorno de convivencia (**Briz & De Felipe, 2004**).

La utilización de la vegetación en la planificación urbana se ha convertido en un aspecto esencial, la mayoría de los ciudadanos anhela condiciones medioambientales satisfactorias, a ello se añade el interés de que la naturaleza recupere el espacio perdido en las grandes áreas urbanas, por lo que se incita a la búsqueda de nuevas formas que permitan la incorporación de la vegetación a la vida urbana (**Briz & De Felipe, 2004**). **Estoy de acuerdo con lo mencionado por el investigador Briz, en su preocupación por las áreas verdes urbanas y el contacto con la naturaleza.**

2.2.8. Tecnología de naturación como elemento envolvente vegetal.

Transformación del edificio y espacios en biotopos, uniéndolos mediante corredores verdes, facilitando así la circulación atmosférica y la mejora del microclima del edificio, es decir mejorando la calidad de vida medio ambiental.

Es importante trabajar con elementos vivos por su beneficio a la reducción de calor incorporándolos en las fachadas y cubiertas del edificio. **Cardoza (2015).**

De acuerdo con lo mencionado por el autor, es importante trabajar con elementos vivos, para mejorar el microclima y la circulación atmosférica en los interiores de las edificaciones, lo cual estoy totalmente de acuerdo, además esto nos pone en contacto con la naturaleza y mejora la calidad de vida.

2.2.9. Naturación del Edificio.

- Naturación de azoteas (Techos verdes).
- Naturación vertical (Jardines verticales).

2.2.9.1. Jardinería Vertical

Los jardines verticales o muros verdes, son muros con plantas de forma que puedan crecer en diferentes medios de cultivos. Estas plantas pueden llegar a prosperar en un sustrato liviano, con un tipo de suelo natural o con fibras sintéticas adosadas que sean resistentes y de poco peso. Estos jardines pueden instalarse en cualquier superficie, sea en interior o exterior.

El paisajismo y la arquitectura están evolucionando de manera constante. Actualmente se están incorporando diferentes técnicas que al momento de ser aplicadas están logrando embellecer el ambiente, maximizando el provecho del espacio de una forma sustentable. Es así que los jardines verticales están construyendo un nuevo concepto cuya finalidad es enverdecer paredes con plantas naturales (**Cardoza, 2015**).

2.2.10. Sistemas de naturación vertical o Jardines verticales

Los Sistemas vegetales verticales para edificios, pueden clasificarse según el tipo de material utilizado para el ensamblado de su estructura y diseño como las realizadas a base de mallas, gaviones tanto metálicos como sintéticos, cables, enrejados, las cuales se colocan de manera independiente a la envolvente del edificio en cuestión, y sirven para que las plantas se desarrollen y crezcan cubriendo los paramentos del edificio, pero sin llegar a asociarse a la superficie del edificio.

Por otro lado, el resto de fachadas están compuestas por paneles prevegetados, módulos verticales o fieltros geotextiles plantados y fijados a la envolvente mediante marcos estructurales. Por lo que el sistema en este caso, forma parte de la envolvente del edificio, sustentando y conteniendo la vegetación, con las plantas están realmente plantadas y crecen en el sistema.

Las especies vegetales utilizadas y su mantenimiento posterior, puesto que los sistemas extensivos son de fácil implementación y menor mantenimiento, en cambio los sistemas intensivos, requieren de una implantación más compleja y un mayor mantenimiento posterior (Portilla & De La Cruz, 2013).

2.2.10.1. Clasificación de la naturación vertical o jardines verticales

Por el ambiente donde van instalados, es decir si están ubicadas en el exterior o en el interior de un edificio, lo que condicionara principalmente las especies vegetales a utilizar en dicho sistema. Y por otro lado, si el sistema incorpora algún mecanismo mecánico para aumentar sus propiedades, lo que supone una implantación más compleja y un mayor nivel de mantenimiento a la larga, normalmente estos sistemas activos se colocan en el interior a modo de decoración y se utiliza la tecnología de cultivo hidropónico, es decir sin tierra (Portilla & De La Cruz, 2013).

Fachadas vegetales

Como norma general se han considerado como fachadas vegetales, las fachadas de edificios que han sido cubiertas por plantas trepadoras, tipo hiedras las cuales han desarrollado mecanismos de sujeción y que no requieren ningún apoyo adicional, para poder cubrir los paramentos verticales de los edificios (Navarro, 2013).

- ***Fachadas vegetales tradicionales***

En las fachadas vegetales tradicionales, las plantas crecen desde el suelo donde tienen sus raíces. Las plantas utilizan una superficie vertical, como una pared, para apoyarse, pero no reciben ningún tipo de humedad y nutrientes de ella. Los ejemplos más comunes incluyen a los edificios cubiertos de hiedra o enrejados (Navarro, 2013).



Figura 5. Fachada cubierta de hiedra

Fuente: Navarro, 2013.

Las diferentes especies de hiedras (*Hedera helix*) son comúnmente elegidas para cubrir edificios. Estas se apoyan en los paramentos mediante raíces aéreas que pueden penetrar en grietas o juntas. Algunos tipos de plantas trepadoras, especialmente del género *Parthenocissus*, como la hiedra de Boston (*Parthenocissus tricuspidata*) o Virginia Creeper (*Parthenocissus quinquefolia*) no disponen de raíces aéreas. En su lugar, se adhieren a las superficies mediante zarcillos adhesivos que terminan en forma de copa (Navarro, 2013).

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de las fachadas vegetales tradicionales son:

Sombreamiento: La sombra que produce la vegetación de hojas caducas en las ventanas permite la entrada de luz en invierno al perder la hoja y por el contrario, reduce las cargas de refrigeración, al limitar la ganancia solar en el verano.

Mantenimiento: Requieren un mantenimiento bastante escaso, se basa simplemente en la poda regular de las hojas que crecen frente a las ventanas, por lo que el mantenimiento en si es poco costoso.

Costos e instalación: Esta es la principal ventaja de este tipo de fachadas es el costo y su instalación. En general, es el sistema más barato de fachada vegetal disponible y más fácil de implementar.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas de las fachadas vegetales tradicionales son:

Daños en las fachadas de los edificios: Algunas especies de hiedras se apoyan por raíces aéreas, las cuales pueden penetrar en fisuras, juntas o grietas existentes en la fachada acelerando el proceso de deterioro y degradación de una fachada en mal estado y provocando manchas y marcas en ellas.

Aislamiento térmico: Al tener una inercia térmica tan pequeña el efecto aislante es muy pequeño.

Protección de edificios: La protección contra los elementos atmosféricos es bastante escasa respecto a otros sistemas vegetales.

Evolución de la cubrición de la fachada: Es posible una de las mayores desventajas de dicho sistema puesto que para que se pueda cubrir por completo mediante plantas una fachada se necesitan un numero bastante elevado de años. Por lo que si una de estas plantas muriese, se necesitarían muchos años para llenar el vacío que ha dejado esa planta.

Protección de edificios: La protección contra los elementos atmosféricos es bastante bajo en este tipo de sistemas.

Estética: En este tipo de fachadas vegetal hay una importante limitación en lo que respecta a la libertad artística del proyectista por la limitación en el uso de diferentes especies de plantas para crear patrones y diseños.

- ***Fachadas vegetales que se comportan como una doble piel***

Este sistema está basado en las fachadas vegetales tradicionales, pero con la diferencia que se utilizan superficies verticales, como enrejado de acero galvanizado, alambres, mayas como apoyo estructural para el crecimiento de las plantas, de la que tampoco reciben ningún tipo de humedad y nutrientes de ella. El objetivo es crear una segunda piel o pantalla entre la piel del edificio y el ambiente exterior (Cardoza, 2015).

Sistema de cables trenzados

Sistema que se basa en la utilización de cables y varillas de acero inoxidable y piezas accesorias, que sirven de apoyo a plantas trepadoras. En el mercado existen diferentes soluciones en función del peso que deberá soportar la estructura y dispone de diferentes tipos de anclajes en función del material de fachada, para garantizar la estabilidad y durabilidad del sistema. También diferencia dos disposiciones, la ortogonal, o bien formando rombos.



Figura 6. Sistema de cables en forma de rombos

Fuente: los jardines vegetales en la edificación. Navarro, 2013.

Sistema Jakob

Está diseñado para soportar su propio peso, la presión y succión del viento y la carga de la lluvia.

La carga total es absorbida por las fijaciones superiores e inferiores (perfil angular 30x30x4 mm) en distinta medida y a esto se le suma un factor de seguridad. Dichas

fijaciones están sujetas a la fachada del edificio por medio de soportes piramidales de alta resistencia. Este sistema está basado en las fachadas vegetales tradicionales, pero con la diferencia que se utilizan superficies verticales, como enrejado de acero galvanizado, alambres, mayas como apoyo estructural para el crecimiento de las plantas, de la que tampoco reciben ningún tipo de humedad y nutrientes de ella. El objetivo es crear una segunda piel o pantalla entre la piel del edificio y el ambiente exterior (Cardoza, 2015).

Para este sistema se puede utilizar especies trepadoras, son una excelente opción tanto para las paredes y las terrazas, los soportes están sujetos al muro o pared dejando un espacio por detrás para poder ir enroscando la planta alrededor (Cardoza, 2015).



Figura 7. Sistema de cables Jakob

Fuente: www.plataformaarquitectura.cl

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de las fachadas vegetales que se comportan como una doble piel son:

Mantenimiento: Aunque hay que realizar unas podas periódicas de las enredaderas, este sistema comparado con otros sistemas el mantenimiento es relativamente barato. Los sistemas incorporan el riego por goteo vertical, sensores y monitorización remota,

que permite el riego automáticamente cuando es necesario. Los cables y los accesorios al estar realizados en acero inoxidable son resistente a la intemperie, y cuentan con una larga vida útil, por lo que su mantenimiento a priori es bajo.

Instalación: Es un sistema fácil de instalar y montar. Dicho sistema se adapta a las medidas necesarias para la instalación en el sitio determinado. Bajo el peso propio del sistema. Sistema flexible y ajustable en lo que respecta a las diferentes especies de plantas y las cargas mecánicas previstas.

Costes de inversión: El coste de transporte e instalación es bajo. La relación entre el coste de implantación de dicho sistema comparado con los beneficios ecológicos que proporciona, son buenos.

Comportamiento ambiental: Los beneficios ecológicos son tales como reducción de temperatura ambiente gracias a la sombra que provoca y de evapotranspiración, la captura de contaminantes atmosféricos y gestión de aguas pluviales. En el caso que empleemos plantas de hoja caduca permite la entrada de luz diurna en invierno.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas de las fachadas vegetales que se comportan como una doble piel son:

Aislamiento térmico: Al igual que las fachadas vegetales tradicionales el efecto aislante y el incremento de inercia térmica es muy pequeño.

Protección de edificios: La protección contra los elementos atmosféricos no son tan pronunciados en este tipo de fachada verde

Evolución de la cubrición de las plantas: Estamos ante la mayor desventaja puesto que las plantas necesitan un elevado número de años para la conseguir una cubrición total de la fachada. Con el consiguiente problema que si una planta muere, se necesitan muchos años para llenar el vacío que ha dejado esa planta.

Estético: Existe una importante limitación en este tipo de fachadas vegetal en lo que respecta a la libertad artística y el uso de diferentes especies de plantas para crear patrones y diseños, puesto que las tipologías de las plantas están limitadas

- ***Enrejados modulares***

Son módulos los cuales están formados por un sistema de tridimensional a base de perfiles y chapa de acero inoxidable, adecuándose a las tipologías de la fachada pudiendo acoplarse tanto en altura como en anchura fijándose dichos elementos a la fachada en cuestión (Navarro, 2013).

Este sistema se compone de un sistema de macetero flotante (contenedor de la planta) que ancla con seguridad plantas a una fachada del edificio. Los contenedores de las plantas son un gran sistema para lograr una cobertura vegetal duradera sin dañar la fachada como puede ocurrir con las fachadas tradicionales de hiedra (Navarro, 2013).

Este sistema puede proporcionar una cobertura vegetal en las fachadas diez veces más rápidos que en las fachadas vegetales tradicionales donde la enredadera crece más lentamente (Navarro, 2013).

Según Navarro (2013), este sistema se compone de cinco elementos:

Contenedores: Los tamaños de los mismos se pueden adaptar a cualquier tamaño o diseño.

Recipiente aislado: son contenedores aislados provistos de cables que proporcionan calor para que el cepellón de la planta no muera por congelación.

Mantenimiento: diseñado para el mantenimiento, los contenedores se pueden montar directamente en la pared o en una pasarela de mantenimiento (en la foto) en situaciones muy altas de instalación.

Monitoreo remoto de riego y fertilización: sistema de riego por goteo computarizado vertical, con sensores de temperatura que permiten el monitoreo remoto de alta eficiencia 24/7 ya que solo se utiliza el agua necesaria.

Sistema de montaje diseñado para ser montado en cualquier tipo de estructura ya sea hormigón, de madera, vigas de acero, para fachadas muy altas se usa un sistema de

pasarela en situaciones que permite la retirada de envases para la inspección, según sea necesario (Navarro, 2013).



Figura 8. Sistema modular GSky Plant Systems

Fuente: <http://signare.es/1-fachadas-vegetales-sistemas-constructivos-dobles-pieles/>

Antes de comenzar la instalación las enredaderas han adquirido un crecimiento óptimo en las instalaciones de la empresa. En ese momento se instalan los módulos sobre los que ira este sistema a base de perfilería de acero que soporta dichos módulos, e instalando el riego por goteo y demás sensores para el control y monitorización del sistema. Este sistema permite la ejecución de aproximadamente 500 metros cuadrados de instalación dependiendo de la altura y accesibilidad (Navarro, 2013).

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de los enrejados modulares son:

Mantenimiento: Aunque hay que realizar unas podas periódicas de las enredaderas, este sistema comparado con otros sistemas el mantenimiento es relativamente barato. Los sistemas incorporan el riego por goteo vertical, sensores y monitorización remota, que permite el riego automáticamente cuando es necesario. El sistema y los accesorios al estar realizados en materiales resistentes a la intemperie, y cuentan con una larga vida útil, por lo que su mantenimiento a priori es bajo.

Instalación: Las medidas de módulos pueden adaptar sus medidas por necesidades de diseño o tamaño. El sistema está diseñado para ser montado en estructuras de hormigón, madera o acero, permitiendo montar un sistema pasarelas en instalaciones a gran altura.

Permite la eliminación de contenedores para su inspección, según sea necesario. Como los contenedores ya llevan instaladas plantas pre cultivadas y con un crecimiento ya avanzado no hay que esperar a que la planta crezca como en otros sistemas.

Costes de inversión: El coste de transporte e instalación es bajo. La relación entre el coste de implantación de dicho sistema comparado con los beneficios ecológicos que proporciona, son buenos.

Comportamiento ambiental: Los beneficios ecológicos son tales como reducción de temperatura ambiente gracias a la sombra que provoca y de evapotranspiración, la captura de contaminantes atmosféricos y gestión de aguas pluviales. En el caso que empleemos plantas de hoja caduca permite la entrada de luz diurna en invierno.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas de los enrejados modulares son:

Aislamiento térmico: Al igual que las fachadas vegetales tradicionales el efecto aislante y el incremento de inercia térmica es muy pequeño.

Protección de edificios: La protección contra los elementos atmosféricos no son tan pronunciados en este tipo de fachada verde

Evolución de la cubrición de las plantas: Estamos ante la mayor desventaja puesto que las plantas necesitan un elevado número de años para la conseguir una cubrición total de la fachada. Este sistema mejora la situación con respecto a las fachadas tradicionales puesto que este sistema implanta ya plantas crecidas aun así para llegar a una cubrición total han de pasar bastantes años para llenar el vacío que ha dejado esa planta.

Estético: Existe una importante limitación en este tipo de fachadas vegetal en lo que respecta a la libertad artística y el uso de diferentes especies de plantas para crear patrones y diseños, puesto que las tipologías de las plantas están limitadas (Navarro, 2013).

- ***Fachada vegetal invernadero***

La fachada vegetal invernadero es un sistema constructivo que funciona como ventilación higiénica, ventilación térmica y protección solar. Además de actuar como un material de construcción, la incorporación de elementos vegetales al cerramiento de fachada ofrece una respuesta térmica variable según las condiciones climáticas exteriores, constituyendo el conjunto un sistema clave en la optimización de las cualidades de confort del edificio (Navarro, 2013).

La estrategia consiste en un cerramiento de fachada concebido como un invernadero extraplano que incluye un subsistema constructivo vegetal. Tres capas o subsistemas correlativos lo componen mediando entre el interior y el exterior:

Capa interior. Ventana corredera de dos hojas modelo Technal (1420 x 1410 mm) de carpintería metálica y acristalamiento doble de vidrio (espesor 14 mm) con cámara de aire (espesor 12 mm).

Capa intermedia vegetal. Sistema vegetal vertical compuesto por jardinera metálica (1,50 x 0,50 x 0,40 m) con sistema de riego automático por inmersión y control por temporizador, cableado de acero de desarrollo helicoidal como soporte de especies vegetales y bastidor metálico con ensamblajes mediante tornillería metálica. A modo de fachada prevegetada, la vegetación se desarrolla en cajas conformadas con placas celulares rígidas de polipropileno (reciclado y reutilizable) donde se aloja el sustrato.

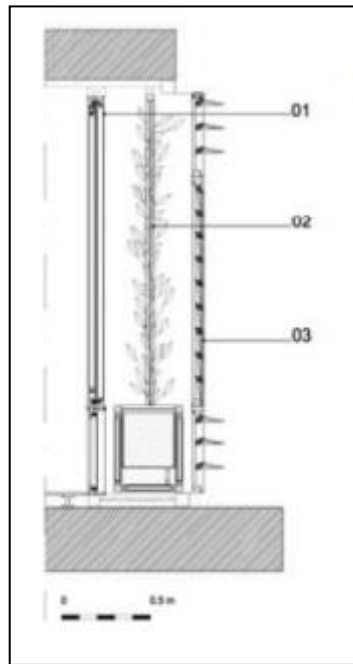
Capa exterior. Cerramiento modelo Technal basado en un entramado simple de lamas basculantes de policarbonato en masa de 5 mm de vidrio, adosadas a un bastidor de aluminio. Las lamas son practicables, a través de un sistema domótico que se activa desde el interior de la vivienda.

En verano, la densidad de la vegetación consigue una obstrucción solar determinada con su consecuente ahorro en refrigeración. En invierno, el aspecto de la capa intermedia vegetal mutaría con la caída de las hojas, permitiendo la entrada máxima de radiación solar, junto a una mejora de las prestaciones térmicas del ambiente interior.

Durante el periodo estival, el aire exterior atraviesa la lámina vegetal húmeda, enfriando unos grados el ambiente interior. En invierno, el conjunto del sistema constituye un invernadero para la vegetación, calentando el flujo de aire de forma pasiva, suponiendo

en ambos casos, un ahorro energético. Además, la capa exterior regula las condiciones térmicas del invernadero, limitando el flujo de aire y la humedad según las necesidades.

La facilidad de puesta en obra y de montaje del sistema lo convierte en un cerramiento ligero adecuado para proyectos de rehabilitación y Viviendas de Protección Oficial. Su construcción y manipulación son rápidas y económicas, realizándose en obra seca (Navarro, 2013).



- a. Capa interior: ventana corredora
- b. Capa intermedia: vegetal
- c. Capa exterior: Sistema de lamas

Figura 9. Componentes de la fachada vegetal invernadero

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013



Figura 10. Fachada vegetal invernadero

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de las fachadas vegetales invernaderos son:

Comportamiento ambiental: La fachada vegetal puede proporcionar ventilación higiénica, ventilación térmica y protección solar.

En verano, la vegetación consigue una obstrucción de la radiación solar, con el consecuente ahorro en refrigeración.

El aire exterior atraviesa la lámina vegetal húmeda, enfriando unos grados el ambiente interior.

En invierno, la capa intermedia vegetal al ser caduca pierde las hojas, permitiendo la entrada de radiación solar, lo que aporta una mejora de las prestaciones térmicas del ambiente interior. Además, el conjunto puede funcionar como un invernadero, calentando el flujo de aire de forma pasiva, suponiendo en ambos casos, un ahorro energético.

Estético: Este sistema es un nuevo tipo de muro, que dota al edificio de una destacada y novedosa estética arquitectónica tanto desde el interior del edificio ya se producen unas agradables vistas como para el exterior mejorando el entorno del edificio.

Instalación: Este sistema basado sistemas modulares permite una rápida instalación y estandarización facilitando la puesta en obra tratándose además de una puesta en obra seca.

Desventaja

Según Navarro (2013), la desventaja de la fachada vegetal invernadero es:

Fase estudio: Este sistema de fachada se encuentra todavía en fase de estudio y desarrollo habiéndose implantado en edificios donde se está estudiando dicho sistema.

- ***Fachada deslizante vegetal***

Este sistema es una protección solar móvil para huecos de fachada que incorpora el soporte para el desarrollo de especies trepadoras, preferentemente de hoja caduca. El principal objetivo del dispositivo es lograr que las plantas incorporadas al panel actúen como protección contra las ganancias excesivas de calor, ya que la trepadora obstruye,

filtra y refleja la radiación solar. Dichas cargas térmicas se reducen tanto por radiación como por conducción, ya que se sombrea la fachada y, al mismo tiempo, se reduce la temperatura del aire adyacente al muro (Navarro, 2013).

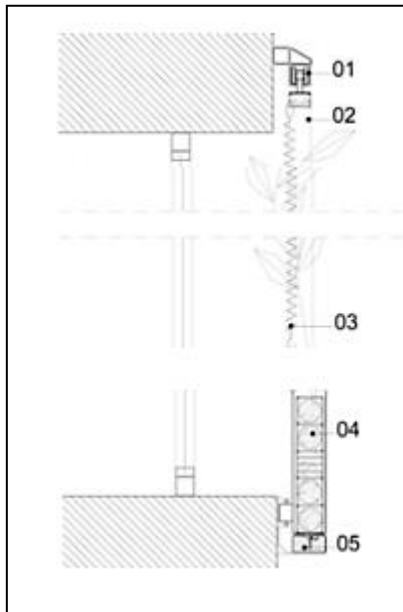
El soporte para la vegetación consiste en una jardinera-maceta instalada en la parte inferior del panel, solidaria al mismo de forma que deslicen en un solo movimiento. La jardinera alberga el sustrato de las diferentes especies vegetales viables según el clima, orientación o las características consideradas a generar en la fachada. Un sistema de cables helicoidales, atravesando el marco deslizante, posibilita el crecimiento de la trepadora de un modo tapizante. Para mantener la humedad del sustrato se propone un sistema de riego por capilaridad, por su facilidad de adaptación a un elemento móvil y por suponer un ahorro de agua considerable. En base a estos criterios, se considera adecuado el uso de especies como la hortensia trepadora y los jazmines amarillo y silvestre (Navarro, 2013).

En orientaciones norte no es tan acertada la colocación de especies de hoja caduca, siendo propuestas en estos casos especies perennes con reservas, como la hiedra de hoja pequeña (Navarro, 2013).

- Los componentes del dispositivo se han escogido en función de su industrialización, y del análisis de su ciclo de vida útil.
- El cuerpo de la contraventana tipo está formado por perfiles extruidos de aluminio de 42 mm de lado.
- En su parte inferior, la maceta-jardinera se establece mediante el plegado de una chapa de aluminio anodizado, formando un cajón de 1500 x 280 x 65 mm.

El canalón-aljibe está conformado también con chapa de aluminio anodizado, plegada de tal forma que minimice el efecto de la evaporación del agua que ha de alojar. Al ser de sección abierta permite la entrada del fieltro que cuelga desde la jardinera y sirve como mecha en todo el recorrido de deslizamiento del panel. El canalón recibe agua directamente de un grifo en la fachada, que no obstruye el recorrido deslizante y acaba en una bajante conectada de tal modo que el nivel de agua en el canalón nunca rebose y se mantenga al menos entre 40 y 20 mm de profundidad (Navarro, 2013).

Si existieran varios huecos de fachada en los que instalar el panel deslizante vegetal, es posible hacer que un mismo canalón- aljibe inferior sea compartido (Navarro, 2013).



(01)Herrajes de cuelgue y guías de deslizamiento de aluminio extruido.

(02)Cuerpo del panel formado por perfiles de aluminio extruido.

(03)Tutores-guía para trepadora formados por cable helicoidal.

(04)Cajón-jardinera de chapa de aluminio, relleno de sustrato

(05) Canalón aljibe de chapa de aluminio.

Figura 11. Componentes de la Fachada deslizante vegetal

Fuente: Navarro, 2013



Figura 12. Componentes de la Fachada deslizante vegetal

Fuente: Navarro, 2013

El soporte para el sustrato posibilita una sustitución y una colocación rápida y fácil de las especies vegetales traídas desde vivero. Para ello, se plantea un sistema de placas rígidas de polipropileno (reciclado y reciclable) celulares, rellenas con el sustrato y envueltas con un geotextil que lo retenga. El geotextil ha de ser lo suficientemente

resistente como para sostener el sustrato, garantizando además una humedad óptima en condiciones de riego normales. El sustrato ha de ser lo suficientemente neutro para el desarrollo de las plantas. Se garantiza la aireación del mismo mediante áridos expandidos o similares que prevengan una compactación excesiva y retengan el agua necesaria para periodos de verano. La elección de la especie de planta trepadora varía en función del clima donde se ubique el edificio y de la orientación del propio panel deslizante (Navarro, 2013).

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de la fachada deslizante vegetal son las siguientes:

Implantación: Este sistema se basa en un sistema modular, lo que permite altos niveles de estandarización en cuanto a los elementos constructivos que la componen, facilitando la puesta en obra y el montaje del sistema.

Comportamiento ambiental: Constituye una protección solar móvil para huecos de fachada. Las plantas incorporadas al panel de hoja caduca actúan como protección contra las ganancias excesivas de calor provocadas por el sol. Ya que la vegetación obstruye, filtra y refleja la radiación. Las ganancias de calor se reducen tanto por radiación como por conducción, ya que se evita el impacto de la radiación directa y, al mismo tiempo desciende la temperatura del aire adyacente al muro.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas de la fachada deslizante vegetal son:

Adaptabilidad: La aplicación del panel deslizante vegetal solo es posible en aquellos edificios con aberturas al exterior en forma de huecos de fachada, siempre que ésta posibilite el cuelgue del peso del panel y la colocación de las guías en la misma.

Mantenimiento: Requiere de flujos aceptables de luz según la especie vegetal, un alto grado de mantenimiento y control del crecimiento de la vegetación por ambas caras. El rendimiento general del sistema depende de un sistema centralizado de gestión de aguas residuales para riego de plantas y de un lugar accesible de colocación del panel deslizante que facilite su mantenimiento: sustitución de plantas, podas, recogida de hojas secas y frutos, etc.

- ***Sistemas Plantas precultivadas***

Estos sistemas básicamente se componen de una estructura ligera, anclada a las fachadas del edificio o estructura donde se quiere instalar el jardín vertical, sobre la que se cuelgan unos paneles (Navarro, 2013).

Dichos paneles son carcasas de forma rectangular, en forma de malla, de caja acero, celdas de polietileno o poliresinas, según el fabricante y modelo. En cuyo interior se deposita los sustratos necesarios para la planta y se procede a la plantación de las mismas. Los sistemas de riego, por goteo, se colocan por encima de cada panel confundándose al final con el crecimiento de la planta (Navarro, 2013).

Sistemas de paneles vegetados en cajas metálicas

La fachada de paneles vegetados desmontable en caja metálica es un sistema constructivo diseñado de forma modular. Los paneles vegetales se conciben como módulos de 60 x 60 cm en cajas metálicas con base de poliestireno extruido. Estos módulos componen la fachada de modo que fácilmente pueda ser desmontable a través de una sencilla estructura metálica de anclaje, complementada por un soporte vertical alojado en el cerramiento. A fin de optimizar energéticamente la fachada, una cámara de aire de 80 mm se incluye entre los paneles vegetales y la capa de aislante fijada en la superficie más exterior del muro (Navarro, 2013).

Las especies vegetales incorporadas requieren de un elemento de soporte que tenga en su interior los nutrientes y elementos necesarios que propicien su crecimiento. Es por esta razón que se emplea una caja metálica, cuyo interior alberga el sustrato envuelto en un geotextil que permita el paso del agua y, al mismo tiempo, evite la pérdida del mismo. Las cajas metálicas presentan un tratamiento anticorrosivo por su exposición a la humedad generada por la evaporación del agua por parte de las plantas y del propio (Navarro, 2013).

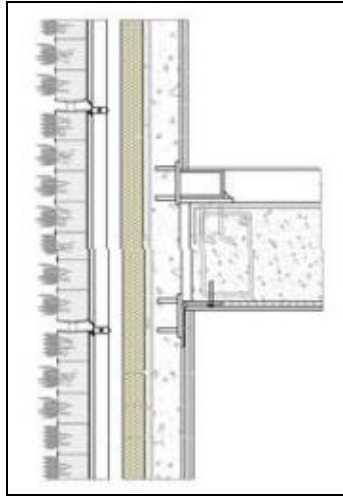


Figura 13. Estructura del sistema de paneles vegetales en cajas metálicas
Fuente: Navarro, 2013

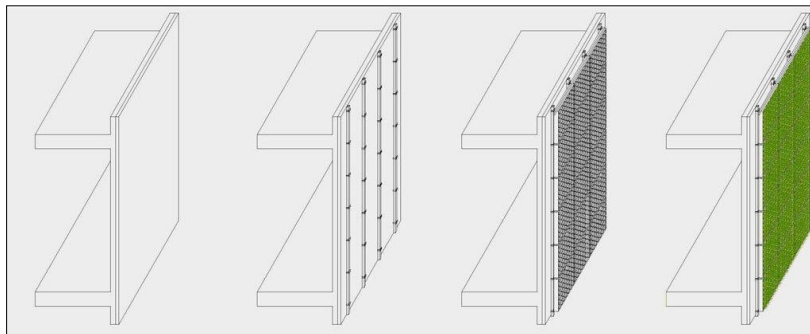


Figura 14. Sistema de paneles vegetales en cajas metálicas
Fuente: Navarro, 2013

El vínculo entre los paneles vegetales y el edificio se realiza mediante una estructura portante de montantes y travesaños. En la parte posterior del panel vegetal se colocan unos anclajes que se enganchan a una estructura horizontal secundaria dispuesta sobre la perfilería vertical. Las uniones tienen capacidad suficiente como para soportar los efectos del viento u otros posibles impactos. Esta estructura portante permite despegar los paneles vegetados del cerramiento interior creando de esta manera una cámara de aire (Navarro, 2013).

Durante los meses fríos, se produce una menor dispersión del calor; mientras que en verano, la corriente que se produce en la cámara evita que se genere un recalentamiento del cerramiento y, por consiguiente, un aumento de la temperatura interior. Además, se dispone un aislamiento por detrás de los paneles que optimiza el aprovechamiento de la

masa portante, evita humedades y reduce las condensaciones intersticiales evitando la aparición de puentes térmicos (Navarro, 2013).

A fin de evitar un exceso de consumo de agua en el mantenimiento de la vegetación, las especies vegetales que se aplican son principalmente autóctonas. Se ha estudiado, en este prototipo de fachada, plantas de tipo Sedum, se trata de una especie que sobrevive con poca agua. El riego es por goteo y está constituido por tuberías de 16 mm ubicadas en la parte superior de cada panel vegetal (Navarro, 2013).

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de los sistemas de plantas precultivadas son:

Cubrición vegetal: Con este tipo de sistema se pueden utilizar plantas ya desarrolladas por lo que se pueden sustituir plantas muertas sin tener que esperar luego a que se desarrolle en la fachada.

Comportamiento ambiental: Este sistema presenta unos buenos beneficios ecológicos como son el aislamiento acústico y térmico, protección de edificios y gestión de aguas, son muy pronunciados. Es más los hongos y bacterias incluidas en el sustrato actúan sobre la contaminación, ya estos se depositan las partículas y los metales pesados aprovechándolos o metabolizándolos.

Implantación: Al ser sistemas basados en sistemas modulares, permite altos niveles de estandarización de los diversos elementos constructivos que los componen, asimismo facilita la puesta en obra y el montaje del sistema. Los sistemas modulares son los más apropiados para instalaciones temporales. Las celdas al ser individuales son fáciles de instalar, reemplazar y eliminar.

Aislamiento térmico: Este tipo de sistemas funcionan de forma análoga a una fachada ventilada, obteniendo el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un magnífico comportamiento térmico.

Protección del edificio: Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones ultravioletas, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas de los sistemas de plantas precultivadas son:

Inversión inicial: Al tratarse de sistemas complejos puesto que lleva un sobre coste en cuanto a diseño y montaje de la misma.

Peso: Este tipo de sistema tiene un hándicap del peso, estos sistemas pueden llegar a pesar 150 kg/m^2 , por lo que hay que tener en cuenta a la hora de integrar este sistema en la fachada a tratar. Esta es una diferencia sustancial en comparación con los $30/35 \text{ kg/m}^2$ que alcanzan los sistemas hidropónicos

Diversidad de la vegetación: En estos sistemas el principal problema es que el espacio disponible para el desarrollo de las raíces, el cual es muy limitado. Por lo que, sólo se pueden utilizar plantas de pequeño tamaño y arbustivo. Esto reduce la diversidad y el potencial para recrear ecosistemas naturales.

Mantenimiento: Al tratarse de sistemas complejos, los gastos de mantenimiento, este aspecto condiciona los gastos de mantenimiento, al requerir mayores esfuerzos y costes una vez implantado el sistema. Con frecuencia los paneles deben ser reemplazados, ya que algunas plantas no prosperan en estas condiciones, es más durante las tormentas y fuertes lluvias, pueden lavar el sustrato y dejar expuesta las raíces de las plantas.

Corrosión: Este sistema de cajas metálicas necesita un tratamiento para evitar la corrosión al estar continuamente expuesto a la humedad generada por el propio sistema de riego.

Estética: en general los sistemas que se componen de paneles tienden a tener un aspecto muy geométrico y artificial.

- ***Sistemas de paneles vegetados en celdas drenantes***

Los paneles vegetados en celdas drenantes están formados por celdas Atlantis de polipropileno, con una porosidad del 90%. Las oquedades se rellenan con un sustrato previamente estudiado. El conjunto se envuelve con fieltro de lana de 2 mm de espesor y $0,55 \text{ g/cm}^3$ de densidad, obteniendo un paquete compacto colocado en paralelo a la fachada, de forma que la cara amplia del mismo quede vista. Sobre esta cara se

practican incisiones en el fieltro para introducir las especies vegetales, posteriormente irrigadas por goteo (Navarro, 2013).

El sistema de irrigación es automático mediante conductos de goteo. El riego por goteo consiste en aplicar pequeñas cantidades de agua en zonas localizadas, en este caso, sobre cada panel. Se compone de tuberías de distribución de polipropileno (tubos gotero 16 mm de diámetro); de las que, mediante conexiones tipo injerto, se obtienen salidas de microtubo de 4 mm, ubicados en la parte superior de cada panel vegetal. En estos microtubos se instalan goteros montados sobre estaca de 12 cm que funcionan de manera óptima a una presión de 1,5 bar. El agua sobrante se recoge en la parte inferior, gracias a un canalón de chapa dispuesto de forma que se pueda recircular el agua para riego (Navarro, 2013).



Figura 15. Sistema de paneles vegetados en celdas drenantes
Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013



Figura 16. Ejemplo de Sistema de paneles vegetados en celdas drenantes
Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de los sistemas de paneles vegetados en celdas drenantes, son las siguientes:

Cubrición vegetal: Con este tipo de sistema se pueden utilizar plantas ya desarrolladas por lo que se pueden sustituir plantas muertas sin tener que esperar luego a que se desarrolle en la fachada.

Comportamiento ambiental: Este sistema presenta unos buenos beneficios ecológicos como son el aislamiento acústico y térmico, protección de edificios y gestión de aguas, son muy pronunciados. Es más, los hongos y bacterias incluidas en el sustrato actúan sobre la contaminación, ya estos se depositan las partículas y los metales pesados aprovechándolos o metabolizándolos.

Implantación: Al ser sistemas basados en sistemas modulares, permite altos niveles de estandarización de los diversos elementos constructivos que los componen, asimismo facilita la puesta en obra y el montaje del sistema. Los sistemas modulares son los más apropiados para instalaciones temporales. Las celdas al ser individuales son fáciles de instalar, reemplazar y eliminar.

Aislamiento térmico: Este tipo de sistemas funcionan de forma análoga a una fachada ventilada, obteniendo el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un magnífico comportamiento térmico.

Protección del edificio: Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones solares, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

Reciclaje: Los sistemas que utiliza celdas fabricadas con poliresinas polipropileno o polietileno se pueden recuperar, reciclar y reutilizar.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas de los sistemas de paneles vegetados en celdas drenantes, son las siguientes:

Inversión inicial: Al tratarse de sistemas complejos puesto que lleva un sobre coste en cuanto a diseño y montaje de la misma.

Peso: Este tipo de sistema tiene un hándicap del peso, estos sistemas pueden llegar a pesar 150 kg/m², por lo que hay que tener en cuenta a la hora de integrar este sistema en la fachada a tratar. Esta es una diferencia sustancial en comparación con los 30/35 kg/m² que alcanzan los sistemas hidropónicos.

Diversidad de la vegetación: En estos sistemas el principal problema es que el espacio disponible para el desarrollo de las raíces, el cual es muy limitado. Por lo que, sólo se pueden utilizar plantas de pequeño tamaño y arbustivo. Esto reduce la diversidad y el potencial para recrear ecosistemas naturales.

Mantenimiento: Al tratarse de sistemas complejos, los gastos de mantenimiento, al requerir mayores esfuerzos y costes una vez implantado el sistema. Con frecuencia los paneles deben ser reemplazados, ya que algunas plantas no prosperan en estas condiciones, es más durante las tormentas y fuertes lluvias, pueden lavar el sustrato y dejar expuesta las raíces de las plantas.

Corrosión: Este sistema de cajas metálicas necesita un tratamiento para evitar la corrosión al estar continuamente expuesto a la humedad generada por el propio sistema de riego.

Estética: en general los sistemas que se componen de paneles tienden a tener un aspecto muy geométrico y artificial.

Gaviones de metal

Los gaviones son una solución de fachada industrializada a partir de módulos. Consisten en módulos de 55 x 55 cm de malla electrosoldada con piedras y todos los elementos necesarios para el crecimiento de especies vegetales en su interior. Una malla metálica

de acero inoxidable, piedra, celda de drenaje de polipropileno con sustrato, vegetación, aislamiento y una estructura metálica galvanizada integran el conjunto (Navarro, 2013).

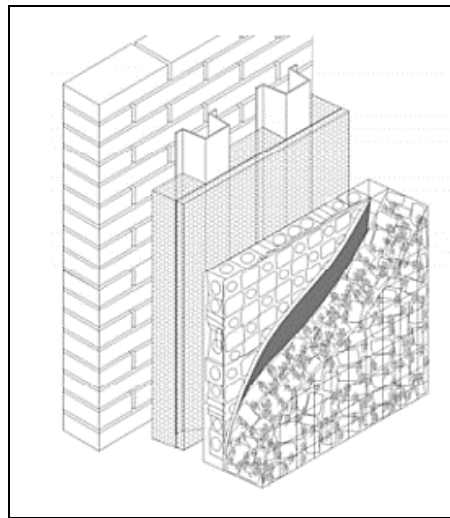


Figura 17. Estructura de los gaviones de metal

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013



Figura 18. Gaviones de metal

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013.

La malla metálica es la estructura que alberga las piedras. Tiene que tener un tratamiento anticorrosivo, de zinc y aluminio, para protegerla de la intemperie. Su abertura y su diámetro deben ser los adecuados, condicionando la resistencia que tendrá

el gavión en su totalidad. Si la abertura es mayor que la requerida, la resistencia por metro cuadrado será menor.

La abertura de la malla es de 50 x 50 mm. Las uniones entre las distintas caras del gavión se llevan a cabo mediante grapas de alambre de alta resistencia 3 mm de espesor con 255 g/m². Cada 20 cm hay que colocar tensores de alambre galvanizado de 4 mm. Los tensores sirven para vincular las caras, evitar deformaciones y proporcionar compacidad al gavión. Las grapas permiten ensamblar los paneles del gavión entre sí para conformar una pieza monolítica.

Se emplean piedras que brindan diferentes cualidades de diseño al existir en el mercado de diversos colores, texturas y granulometrías.

Al mismo tiempo la piedra proporciona una importante disminución de la contaminación acústica. Como la abertura de la malla en el sistema propuesto es de 50 x 50 mm, la piedra que se puede colocar en el interior puede ser de 60 mm a 90 mm. Se opta por piedras livianas como son las de origen volcánico: piedra pómez, la puzolana o piedras porosas como la “spaguetti”.

Se utilizan especies rupícolas (vegetación que crece entre las piedras) debido a que su incorporación mejora el comportamiento del muro, cambiando de aspecto con el curso de las temporadas, aumentando la humedad ambiental y disminuyendo la temperatura del aire. Por otro lado, la vegetación también actúa sobre la contaminación, siendo las partículas y los metales pesados depositados aprovechados o metabolizados por la microflora (hongos y bacterias) incluidas en el sustrato. La presencia de especies vegetales genera brisas que refrescan el ambiente alrededor de las viviendas: al refrescar la temperatura se genera un flujo de aire, ya que el desequilibrio entre pequeñas masas de aire a diferente temperatura y por tanto diferente densidad, genera esta circulación natural. En el caso de orientaciones muy expuestas a fuertes vientos reducen la velocidad del viento en la proximidad del muro.

A fin de conseguir un correcto desarrollo de las plantas, las raíces tienen que estar en el interior de un sustrato que contenga los nutrientes adecuados para su subsistencia. Dentro del gavión se coloca una celda de drenaje tipo Atlantis (sustituible por caja metálica) que posee concavidades; permitiendo la introducción de humus, polímeros hidroabsorbentes de sales potásicas y vermiculita.

La celda drenante se envuelve con un geotextil permeable al paso de agua y que retiene las partículas de sustrato. Además, es necesario colocar un aislamiento imputrescible, considerando el contacto con la humedad generada por las plantas por evapotranspiración y el mismo riego.

Los gaviones se disponen sobre la fachada existente a través de una estructura auxiliar. Sobre la estructura porticada de las edificaciones se anclan químicamente unos perfiles verticales omega de acero galvanizado. El vínculo de los gaviones con la estructura se lleva a cabo mediante anclajes angulares.

Al funcionar de forma similar a una fachada ventilada, se incrementa el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, los problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un excelente comportamiento térmico.

Al conformar un cerramiento protector exterior y otro interior, se evita el deterioro del mismo a causa de los rayos ultravioletas o el ácido carbónico, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales (Navarro, 2013).

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de los gaviones de metal, son las siguientes:

Cubrición vegetal: Con este tipo de sistema se pueden utilizar plantas ya desarrolladas por lo que se pueden sustituir plantas muertas sin tener que esperar luego a que se desarrolle en la fachada.

Comportamiento ambiental: Este sistema presenta unos buenos beneficios ecológicos como son el aislamiento acústico y térmico, protección de edificios y gestión de aguas, son muy pronunciados. Es más, los hongos y bacterias incluidas en el sustrato actúan sobre la contaminación, ya estos se depositan las partículas y los metales pesados aprovechándolos o metabolizándolos.

Implantación: Al ser sistemas basados en sistemas modulares, permite altos niveles de estandarización de los diversos elementos constructivos que los componen, asimismo facilita la puesta en obra y el montaje del sistema. Los sistemas modulares son los más apropiados para instalaciones temporales. Las celdas al ser individuales son fáciles de instalar, reemplazar y eliminar.

Aislamiento térmico: Este tipo de sistemas funcionan de forma análoga a una fachada ventilada, obteniendo el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un magnífico comportamiento térmico.

Protección del edificio: Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones solares, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas de los gaviones de metal, son las siguientes:

Inversión inicial: Al tratarse de sistemas complejos puesto que lleva un sobre coste en cuanto a diseño y montaje de la misma.

Peso: Este tipo de sistema tiene un hándicap del peso, estos sistemas pueden llegar a pesar 150 kg/m^2 , por lo que hay que tener en cuenta a la hora de integrar este sistema en la fachada a tratar. Esta es una diferencia sustancial en comparación con los $30/35 \text{ kg/m}^2$ que alcanzan los sistemas hidropónicos.

Diversidad de la vegetación: Solo utilizan especies rupícolas; vegetación que crece entre las piedras por lo que la elección de plantas está limitada.

Corrosión: Este sistema de cajas metálicas necesita un tratamiento para evitar la corrosión al estar continuamente expuesto a la humedad generada por el propio sistema de riego.

Estética: en general los sistemas que se componen de paneles tienden a tener un aspecto muy geométrico y artificial.

- ***Sistemas hidropónicos***

El pionero de los jardines verticales hidropónicos es el biólogo francés Patrick Blanc que a partir de observar barrancos y taludes en el trópico creó un sistema de poco peso (30 Kg/M^2) para lograr el propósito de cubrir paredes con vegetación (Navarro, 2013).

Este tipo de sistemas consiste la instalación de unas láminas donde se propicia el crecimiento vegetal y un sistema de riego con agua totalmente automatizado y con capacidad de recirculación de agua.

Para la colocación de las láminas será necesario la instalación de un enrastrelado de aluminio de 40x20x2 mm sobre la fachada previamente impermeabilizada.

Dicho enrastrelado estará sujetado mediante tornillería galvanizada de 5 mm y taco posteriormente se colocará una capa de panel aminoplástico P-URB 750 de 10 mm de espesor sujeta mediante remaches de aluminio de alta tracción cada 40 cm y capa superior de polifiltro fitogenerante ph P-URB 700 de 3 mm de espesor. Sobre todo este conjunto se realizará la plantación de especies acorde al lugar y climatología local.

Estos sistemas se sectorizan para el riego con un sistema completamente automatizado donde el agua se dejará caer en la parte superior del jardín e irá humedeciendo el soporte, escurriendo a una canaleta lineal de recogida.

Al final de la canaleta se colocará una cesta para recogida de impurezas y desde la canaleta conducirá el agua sobrante a un depósito enterrado desde donde un equipo de bombas (ubicados en un cuarto de instalaciones) recirculará el agua de riego a la plantación vertical. Funcionando todo el sistema mediante una recirculación no siendo necesario el aporte de agua

Durante el proceso de recirculación las bombas peristálticas introducirán abono y fertilizante al agua de riego.

La reposición de agua en el sistema queda garantizada con el almacenamiento en otro depósito enterrado alimentado por un equipo de osmosis inversa conectado mediante acometida a la red pública de agua (Navarro, 2013).



Figura 19. Sistema hidropónico

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013

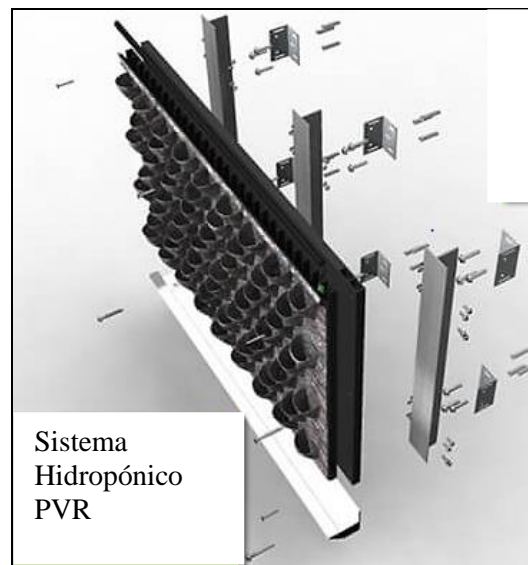


Figura 20. Sistema PRV - 2

Fuente: <https://verticalmagazine.com/sistema-prv-2/>

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas de los sistemas hidropónicos, son las siguientes:

Ligereza: Estos tipos de sistemas son los más ligeros del mercado, aproximadamente el peso por metro cuadrado terminado de jardín vertical es de 30Kg/m², frente a los 150 Kg/m² de los otros sistemas es un gran avance.

Sustitución de la vegetación: Una gran ventaja respecto a los otros sistemas ya que son plantas independientes cada una de ellas ubicadas en una especie de bolsitas creadas en el fieltro permitiendo por tanto la sustitución individual de cada una.

Innovación: La innovación principal de este sistema consiste en usar el sistema de cultivo hidropónico el cual se elimina la tierra de las plantas ya que estas son alimentadas mediante fertilizantes incluidos dentro del riego. Así mismo se evitan la aparición de insectos mediante la inclusión en el goteo de productos naturales que evitan la aparición de los mismos

Comportamiento ambiental: Permite crear un entorno con gran similitud a entornos naturales. Gran efecto de aislamiento térmico en invierno. En verano reducen la temperatura ambiente a través de procesos de sombra y de evapotranspiración. Las hojas, las raíces y los microorganismos asociados a ellas limpiar el aire al capturar de contaminantes atmosféricos. Ayudan a la gestión de las aguas pluviales al transformar superficies impermeables creadas por el hombre. Requieren menos agua que las plantas regadas por métodos tradicionales, ya que el riego se dirige directamente a las raíces de las plantas.

Protección del edificio: Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones solares, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

Estética: Esta es una de las principales ventajas del sistema puesto que permite emplear numerosas tipologías de plantas. Esto es así porque las raíces de las plantas tienen libertad para crecer a lo largo del sistema y no en un espacio limitado, como los sistemas de cajas modulares. Tener acceso a esa variedad permite muchas posibilidades de diseño y libertad artística. Por lo que, de cara al gran público, tiene un mayor atractivo estético.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas de los sistemas hidropónicos, son las siguientes:

Instalación: Requiere una cuidadosa instalación por parte de personal cualificado

Inversión inicial: Este tipo de sistemas tienen un alto coste de implantación al ser sistemas bastante complejos que necesitan equipos de riego, depósitos, equipos de osmosis bombas de impulsión, etc.

Mantenimiento: Estos sistemas requieren de mucho mantenimiento. Las plantas al alimentarse mediante cultivo hidropónico necesitan estar monitorizadas contralando los niveles del Ph y la conductividad para que permanezca en equilibrio. El problema de estos sistemas es que si se produce un fallo eléctrico el sistema de goteo deja de funcionar siendo la vida útil de las plantas si estar alimentadas mediante el goteo de aproximadamente dos días. Lo que implica el mantenimiento de una empresa especializada que sea capaz de actuar en estos.

- ***Hormigón vegetal***

Este nuevo hormigón, con capacidad para que crezcan organismos pigmentados de manera natural y acelerada (Navarro, 2013).

Este nuevo tipo de hormigón biológico a partir de dos materiales a base de cemento. El primero de ellos es el hormigón convencional carbonatado (basado en cemento Portland), con el cual obtienen un material de un pH del entorno de 8. El segundo material está fabricado con un cemento de fosfato de magnesio (MPC, del inglés Magnesium-Phosphate Cement), conglomerante hidráulico que no requiere ningún tratamiento para reducir el pH, puesto que este es ligeramente ácido.

La innovación de este novedoso hormigón (multicapa vertical) es que se comporta como un soporte biológico natural para el crecimiento y desarrollo de determinados organismos biológicos, concretamente ciertas familias de microalgas, hongos, líquenes y musgos.

Para obtener el hormigón biológico se han modificado, además del pH, otros parámetros que influyen en la bioreceptividad del material, como por ejemplo la porosidad y la rugosidad superficial. El resultado obtenido es un elemento multicapa, es decir, un panel

que, además de una capa estructural, consta de otras tres capas más: la primera de ellas es una capa de impermeabilización situada sobre la anterior, la cual sirve de protección ante el paso del agua hacia la capa estructural para evitar que pueda deteriorarse.

La siguiente es la capa biológica, la cual permitirá la colonización y permitirá la acumulación de agua a su interior. Actúa como microestructura interna, favorece la retención y dirige la expulsión de la humedad; puesto que tiene capacidad para captar y almacenar el agua de la lluvia, esta capa facilita el desarrollo de los organismos biológicos.

Finalmente, la última se basa en una capa de revestimiento, la cual será discontinua y hará la función de impermeabilización inversa. Esta capa permitirá la entrada del agua de la lluvia y evitará su pérdida; de este modo, se redirigirá la salida del agua allá donde interesa obtener crecimiento biológico (Navarro, 2013).



Figura 21. Hormigón vegetal

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013

Ventajas

Según Navarro (2013), las ventajas del hormigón vegetal, son las siguientes:

Instalación: Este nuevo hormigón sería fácilmente implantable puesto que es el propio hormigón estructural el que permite debido a su composición la aparición de vegetación.

Ligereza: Es el sistema más ligero puesto que es el propio hormigón el sustrato de la vegetación, no siendo necesaria la colocación de elementos auxiliares para la creación del jardín.

Aislamiento térmico: El hormigón biológico funciona no sólo como material aislante y regulador térmico, sino también como alternativa ornamental, de forma que sirve para decorar la fachada de edificios o la superficie de construcciones con diferentes acabados y tonalidades cromáticas; está pensado para colonizar áreas determinadas, sin necesidad de cubrir toda una misma superficie, y con variedad de colores. La idea es crear una pátina de materia como cobertura biológica o pintura “viva”

Comportamiento ambiental: permite absorber y, por lo tanto, reducir el CO₂ de la atmósfera, gracias al recubrimiento biológico. A la vez, tiene capacidad para captar la radiación solar, lo cual permite regular la conductividad térmica en el interior de los edificios en función de la temperatura lograda.

Desventajas

Según Navarro (2013), las desventajas del hormigón vegetal, son las siguientes:

Material en estudio por lo que aún se desconocen la permeabilidad, degradación, fisuras y grietas provocadas por las mismas en el hormigón, etc.

Jardines verticales en ambientes interiores

Dentro de la multitud de empresas que están desarrollando estos sistemas ofrecen los mismos servicios tanto para ambientes exteriores como decoración en ambientes interiores (Navarro, 2013).

Jardines verticales para ambientes interiores activos

Los Jardines verticales para Ambientes Interiores Activos, son muros vivos que integran unos dispositivos electromecánicos para la filtración del aire. El muro vivo utiliza el sistema hidropónico descrito en el anteriormente para alojar y nutrir la vegetación. El agua es bombeada a la parte superior de la pared y cae en cascada entre las capas, mojando las raíces de las plantas. Los ventiladores extraen el aire a través de la pared en el edificio. El aire contaminado de la habitación pasa a través de la zona de las raíces de las plantas, que actúa como un filtro biológico donde los contaminantes son degradados por los microorganismos y dióxido de carbono presentes en el agua (Navarro, 2013).

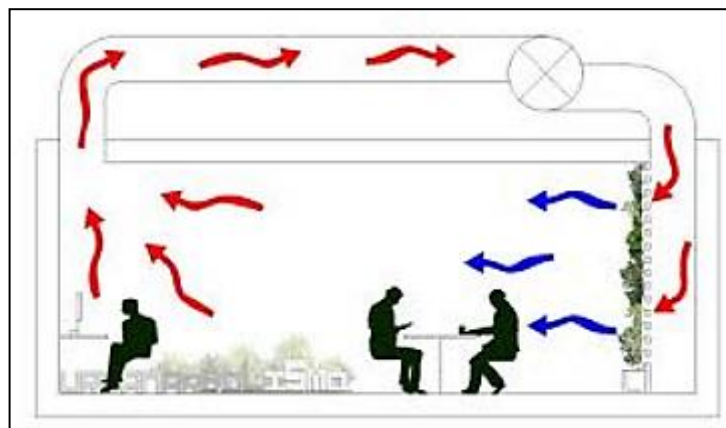


Figura 22. Dinámica de los jardines verticales activos en interiores

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013



Figura 23. Jardines verticales para ambientes interiores activos

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013

Según Navarro (2013), respecto de los jardines verticales para Ambientes Interiores Activos, presentan una serie de ventajas y desventajas que a continuación indicamos:

Ventajas

Ahorro de energía: En lugar de extraer el aire desde el exterior, que hay que calentarlo o enfriarlo según la estación, el reciclado del aire interior reduce la necesidad del tratamiento de aire exterior.

Estética: Mejora la estética en el interior de los locales proporcionando un entorno valioso.

Comportamiento ambiental: El sistema es capaz de filtrar contaminantes, que son regularmente expulsados a través de los sistemas de ventilación tradicionales. Captura contaminante atmosféricos como el polvo y polen. Filtra gases y componentes orgánicos nocivos provenientes de los elementos y materiales de construcción que forman el edificio.

Permite crear unos entornos similares a entornos naturales. Gran cantidad especies de plantas frondosas pueden prosperar en la pared, con un mantenimiento normal de jardinería de interior.

Gran efecto de aislamiento térmico en invierno.

Desventajas

Instalación: La instalación de estos sistemas es bastante más compleja que los sistemas pasivos.

Mantenimiento: El sistema de ventiladores generalmente requiere de mantenimiento y necesitan una fuente de energía constante para poder funcionar, con su coste económico.

- ***Jardines verticales para ambientes interiores pasivos***

Estos sistemas son los mismos que los anteriormente desarrollados, son las mismas empresas las que los implantan con la única variación de la utilización de plantas de interior (Navarro, 2013).



Figura 24. Jardines verticales para ambientes interiores pasivos

Fuente: Los Jardines Verticales en la edificación Navarro, 2013

Según Navarro (2013), respecto de los jardines verticales en interiores pasivos, presentan una serie de ventajas y desventajas que a continuación indicamos:

Ventajas

Instalación: Es una instalación bastante más sencilla que los otros sistemas.

Desventajas

Mantenimiento: requieren de un mantenimiento periódico, pudiendo producir suciedad por desprendimiento de tierras, etc.

2.2.11. Efectos de la implantación de los jardines verticales en la edificación

Durante el desarrollo de los jardines verticales se han desarrollado diversos estudios sobre los efectos que producen estos novedosos sistemas al integrarse en las edificaciones existentes o nuevas (Navarro, 2013).

A continuación, se ha desarrollado una agrupación de los efectos más importantes resultantes de la integración de los mismos:

Efectos a escala urbana

- Retención de CO₂.
- Reducción de la escorrentía de aguas pluviales.

- Reducción del efecto isla.
- Retención de polvo, material en partículas y sustancias contaminantes.
- Conservación de la naturaleza y biodiversidad urbana.
- Recuperación de espacios autóctonos.

Efectos a nivel de la edificación

- Reducción de la temperatura
- Aislamiento e inercia térmica.
- Variación de los efectos de la incidencia del viento sobre la edificación.
- Reducción del ruido ambiental y la contaminación acústica.
- Mejora de la calidad del aire interior: Biofiltración.
- Vandalismo
- Mejora de la estética del edificio.

Efectos a escala social

- Beneficios psicológicos. Mejora de la salud y el bienestar.
- Beneficios económicos.

Ventajas a escala urbana

Retención de CO₂

Mejora de la calidad del aire. Al realizar la fotosíntesis, las plantas proporcionan O₂ y absorben CO₂, renovando el aire del entorno. Se calcula que una hectárea de vegetación típica puede absorber 7.500 kilogramos de CO₂ cada año. Por otro lado, la vegetación también actúa sobre la contaminación, tanto porque en el sustrato o suelo que las mantiene se depositan partículas y metales pesados que son aprovechadas o metabolizadas por la microflora del suelo (hongos y bacterias) como porque sobre las mismas superficies foliares se precipitan esas partículas que la planta absorberá y fijará en sus tejidos, secuestrando así contaminantes como el plomo, el cadmio u otros metales pesados, que de otro modo permanecerían en suspensión en el aire (Navarro, 2013).

Reducción de la escorrentía de aguas pluviales

No existen estudios donde indiquen la capacidad de retención de lluvias de los jardines verticales, pero parece obvio que la vegetación de los mismos podría trabajar de manera

análoga a las cubiertas ajardinadas ayudando al drenaje y retención de las lluvias (Navarro, 2013).

Reducción del efecto isla de calor

Surge al almacenarse el calor solar en el tejido urbano. Las zonas altamente edificadas ofrecen una mayor superficie de absorción del calor diurno, el cual es irradiado lentamente durante el transcurso de la noche (Navarro, 2013).

La tipología de las ciudades son grandes superficies asfaltadas las cuales son oscuras que por su baja reflectividad, dan lugar a la alta absorción de calor del sol. Además también favorece este efecto isla la altura de los edificios ya que genera el llamado efecto cañón, todo esto junto con la producción de CO₂ y calor provocado por los combustibles fósiles, producciones industriales, etc. Se contribuye al efecto isla

Todo esto junto con la falta de vegetación en general en las ciudades es otro de los factores que influyen a la elevación de las temperaturas.

En la mayoría de los espacios urbanos, las masas apreciables de vegetación se encuentran en su mayoría concentradas en parques o espacios recreativos.

La moderación del calor extremo en climas urbanos podría significar no sólo una mejor sostenibilidad, sino también la posibilidad de evitar riesgos en la salud, causados por calor excesivo.

La integración de los jardines verticales en zonas urbanas densamente construidas, ayudaría a reducir los impactos negativos del efecto isla, con el consiguiente ahorro de energía, la mejora del confort y una disminución en el riesgo de sufrir problemas de salud relacionados con el estrés de calor y las tasas de formación de ozono (Navarro, 2013).

Retención de polvo, material en partículas y sustancias contaminantes

La captación de partículas se debe a la interacción de las partículas con la superficie de la vegetación (hojas, troncos y ramas). Así las partículas de polvo impactan con las hojas de la vegetación, quedando las más pequeñas, pegadas en la lámina de la hoja), mientras que las mayores se depositan gracias a su masa (Navarro, 2013).

El rocío sobre las hojas de la vegetación, también desempeña un importante papel, al reforzar la captación de partículas.

Las fachadas verdes, pueden actuar como sumideros de polvo procedente del entorno urbano y, sin embargo, son una tecnología, que rara vez se utiliza.

La vegetación puede actuar como un eficiente filtro biológico, al elimina cantidades significativas de contaminación por partículas en la atmósfera y el ambiente urbano. Pero el efecto de la vegetación no se limita solo a la captación de partículas. La vegetación también es eficiente al tomar del aire otras sustancias contaminantes tales como CO₂, NO_x (óxidos de nitrógeno) y SO₂ (dióxido de azufre).

Conservación de la naturaleza y biodiversidad urbana

El uso de vegetación en los edificios puede servir como habitat a especies animales como aves o insectos. Tanto de forma permanente, como de zona de paso entre grandes áreas verdes como parques y jardines. Lo que puede mejorar cuantitativa y cualitativamente la biodiversidad urbana.

El aumento de la flora y la fauna han sido documentados estudios sobre cubiertas vegetales, por lo que es razonable esperar resultados similares en las fachadas y muros vegetales (Navarro, 2013).

2.2.12. Efectos a nivel del edificio

Reducción de la temperatura

En entornos cálidos, la presencia de vegetación puede llegar a refrescar la temperatura de 1 a 5 °C. Se calcula que una reducción de 5 °C de la temperatura exterior adyacente podría suponer ahorros en refrigeración de cerca de un 50 % (Navarro, 2013).

Mediante el sombreado evitamos el exceso de radiación solar directa, en espacios exteriores. En este contexto una forma efectiva sería la de cubrir espacios demasiado soleados, mediante vegetación. Esto puede obstruir totalmente el flujo de radiación, logrando una transmitancia casi nula, ya que el índice de absorbencia de la vegetación en general es muy alto (Navarro, 2013).

A diferencia de las superficies inorgánicas, la energía absorbida por la vegetación, no produce calor, sino que se invierte en otra función la regulación térmica mediante el fenómeno de la evapotranspiración.

El proceso fisiológico de las plantas hace que una pequeña parte de la radiación solar, la utiliza la planta para realizar la fotosíntesis, y el resto produce la evaporación de agua que maneja la planta como mecanismo de regulación de la temperatura. Este hecho produce que la vegetación bloquea de una forma efectiva la radiación solar, sin aumentar su temperatura.

Se puede concluir diciendo, que la sombra directa y sus consecuencias, es posiblemente unos de los beneficios más evidentes de la vegetación. Así pues las fachadas vegetadas ofrecen una sombra estética y útil, pudiendo reducir la temperatura de una superficie a través de sombreado. Si bien requieren un cierto mantenimiento, ofrecen similares efectos de sombra que otros sistemas artificiales, pero aportando además los beneficios del enfriamiento evaporativo (Navarro, 2013).

Aislamiento e inercia térmica

Los elementos vegetales pueden actuar como protecciones contra las ganancias excesivas de calor provocadas por los rayos solares, ya que la vegetación obstruye, filtra y refleja la radiación solar. En algunos casos se puede llegar a evitar del 50 al 90% de la radiación incidente. Algunos ejemplos son los de las parras y enredaderas sobre las paredes, que ofrecen sombra y disminuyen las ganancias de calor tanto por radiación como por conducción (Navarro, 2013).

Esto es debido a que se evita el impacto de la radiación directa y a la vez se reduce la temperatura del aire adyacente al muro.

Por otro lado, en invierno, las especies perennes protegen la pared de las pérdidas de calor, y el efecto aislante podría llegar a ser de un 30 %.

Resulta interesante el uso de vegetación de hoja caduca para proteger las ventanas o aberturas, ya que entonces en verano las hojas convierten el alero en una estructura opaca, y proveen de sombra, y al caer en invierno dejan pasar la luz (a diferencia de los aleros fijos).

En ventanales que dan a balcones o terrazas, los aleros pueden adoptar la forma de pérgolas o porches y crear así espacios sombreados y frescos para estar.

Este sistema sería el del tradicional emparrado con vid, aunque se podría emplear cualquier enredadera, incluso ornamentales (Navarro, 2013).

Variación de los efectos de la incidencia del viento sobre la edificación

Ventilación natural y protección del viento. La presencia de vegetación genera brisas que refrescan el ambiente alrededor de las viviendas (Navarro, 2013).

Al refrescar la temperatura se genera un flujo de aire, ya que el desequilibrio entre pequeñas masas de aire a diferente temperatura, y por tanto diferente densidad, genera esta circulación natural. Además, la vegetación (árboles, arbustos) actúa como barrera contra el viento en el caso de orientaciones muy expuestas a fuertes vientos.

Se trata de una barrera porosa que reduce la velocidad del viento creando pocas turbulencias. Incluso las enredaderas o vegetación (Navarro, 2013).

Reducción del ruido ambiental y la contaminación acústica

Cuando el jardín vertical posee grosores de vegetación suficientes, las formaciones o barreras vegetales pueden tener un cierto efecto de amortiguación del ruido, actuando como pantallas acústicas, pudiendo llegar en bajas frecuencias hasta aproximadamente 10 db (Navarro, 2013).

Sin embargo, ésta tiene si un efecto psicológico beneficioso, ya que actúa como pantalla visual entre la fuente de ruido y las personas afectadas, y además produce un sonido agradable al oído humano (Navarro, 2013).

Mejora calidad aire interior

Mejora de la calidad del aire. Al realizar la fotosíntesis, las plantas proporcionan O₂ y absorben CO₂, renovando el aire del entorno. Se calcula que una hectárea de vegetación típica puede absorber 7.500 kilogramos de CO₂ cada año. Por otro lado, la vegetación también actúa sobre la contaminación, tanto porque en el sustrato o suelo que las mantiene se depositan partículas y metales pesados que son aprovechadas o metabolizadas por la microflora del suelo (hongos y bacterias) como porque sobre las mismas superficies foliares se precipitan esas partículas que la planta absorberá y fijará

en sus tejidos, secuestrando así contaminantes como el plomo, el cadmio u otros metales pesados, que de otro modo permanecerían en suspensión en el aire (Navarro, 2013).

Vandalismo

Con el uso de jardines verticales se puede conseguir una disminución de actos vandálicos y usos de grafitis en las fachadas de los edificios (Navarro, 2013).

El uso de pinturas en spray y rotuladores no surge efecto sobre las hojas de la plantación de los jardines verticales siendo fácilmente eliminadas, en el caso de que sufran desperfectos por robos, o roturas son fácilmente reparables (Navarro, 2013).

Mejora de la estética del edificio

El uso de fachadas vegetales, encierra un gran potencial a desarrollar dentro de un diseño que abarque lo estético con la eficiencia. Además, el uso de estas puede servir tanto para mejorar un proyecto arquitectónico, a veces factible y deseable, como en algunos casos para disimular mal diseño (Navarro, 2013).

El valor estético de un edificio, aunque esté relacionado con la interacción humana y sus emociones, no tiene que estar enfrentada con el valor cualitativo de los materiales y el rendimiento de un edificio

Esto es evidente en el ámbito de la rehabilitación de edificios, como por ejemplo para la mejora visual de antiguas fachadas medianeras generalmente poco agradables estéticamente, y que están al descubierto o para mejorar el aspecto de las fachadas traseras de las edificaciones modernas, a menudo feas y sombrías (Navarro, 2013).

2.2.13. Efectos a escala social

Mejora de la salud y el bienestar

El uso de muros y fachadas vegetales puede brindar una oportunidad para transformar desagradables espacios urbanos y descargar con vegetación entornos especialmente densos, la inclusión de paredes verdes en la configuración urbana produce una satisfacción general como algunos estudios sugieren (Navarro, 2013).

La vegetación influye en las propiedades físicas de los sonidos y también lo hace en la forma en que las personas perciben, evalúan y responden al sonido de los diferentes

entornos urbanos. La vegetación afecta de manera significativa las valoraciones de las personas sobre la calidad acústica del medio ambiente. Y que, en función de la configuración de la vegetación, las personas prevén menores niveles de ruido en los espacios naturales que en los barrios de las ciudades. La vegetación hace que existan diferencias considerables, en la forma de evaluar el entorno urbano, al mejorar la calidad visual y acústica percibida. Y no es necesario que la gente esté inmersa en el espacio verde para la mejora de la salud mental, sino que la visualización de vegetación desde la calle, la oficina o el aula ya tiene efectos positivos (Navarro, 2013).

Derivados de estos beneficios se pueden apreciar cambios físicos y de conducta, como:

- Mejora de la atención.
- Disminución del tiempo de recuperación de pacientes.
- Reducción de la frecuencia cardiaca y la presión arterial.
- Más facilidad para controlar el estrés.
- Aumento del rendimiento laboral.

Beneficios económicos

Según Navarro (2013), la naturaleza y la escala de los beneficios económicos varían según el proyecto y las regulaciones y normativas en materia de edificación. Estas se reparten entre los propietarios de los edificios, los promotores y el público en general. Entre los beneficios económicos para los propietarios de edificios que incluyen fachadas vegetales se pueden incluir:

Aumento en el valor de resistencia térmica de la envolvente del edificio, lo que deriva en ahorro en los costos de energía relacionados con la calefacción y la refrigeración, lo que conduce a su vez a una reducción de emisión de gases contaminantes.

Protección del revestimiento de las fachadas, lo que implica un mayor período de la vida de los materiales, con la consiguiente disminución de mantenimiento y ahorros. Esto es así porque se ha observado que las fachadas vegetales protegen el revestimiento de las fachadas contra la radiación UV, las fluctuaciones extremas de temperatura y los daños físicos producidos por funcionamiento durante el uso o el mantenimiento de dichas superficies.

Aumento en el valor de la propiedad. Estudios americanos y británicos muestran que las cubiertas vegetales pueden aumentar el valor de un edificio entre un 6% y un 15%.

Fachadas y cubiertas verdes ofrecen ventajas visuales. Este embellecimiento urbano puede tener un impacto en el turismo y empujar a más visitantes a ver y disfrutar la ciudad.

La dotación de espacios recreativos al aire libre y una atractiva estética pueden aumentar directamente el valor y la comercialización de una propiedad.

Si el concepto se incluye al inicio de la fase de diseño de un nuevo edificio, un sistema vegetal vertical puede ser instalado con un poco o ningún costo adicional, respecto de un sistema tradicional. Este gasto extra puede ser visto como una barrera, a menos de que los promotores aprecien en cambio, de que la propiedad puede ser más comercial.

Además, una fachada vegetal se vuelve aún más viable, cuando la falta de terrenos adyacentes disponibles, evita la creación de jardín o espacio verde en el terreno disponible para la edificación (Navarro, 2013).

2.2.14. Tipos de plantas para jardines verticales en espacios interiores

Es muy importante conocer qué tipo de plantas son las adecuadas para un espacio interior, colocar plantas adecuadas ayudara a que un tabique con un jardín vertical se pueda mantener en óptimas condiciones y su aspecto sea el mejor. De acuerdo a estas necesidades tenemos las siguientes clasificaciones de las plantas para espacios interiores (Vintimilla, 2013).



Figura 25. Plantas para pasillos o corredores con poca luz.

Fuente: Vintimilla, 2013

Plantas para pasillos o corredores con temperatura cálida

Las plantas para este tipo de espacios además de ser resistentes y fuertes deben ser de un tamaño elevado. Lo cual facilita a su colocación y al mismo tiempo que no estorben y se vean bien, estas plantas deben contar con la capacidad de adaptarse a espacios con poca luz y temperaturas elevadas, en este tipo de espacios podemos utilizar las siguientes plantas (Vintimilla 2013).



Figura 26. Plantas para pasillos o corredores con temperatura cálida

Fuente: Vintimilla, 2013.

2.2.15. Mantenimiento de los jardines verticales

Los jardines verticales, tienen un trabajo de mantenimiento de acuerdo al tipo y diseño implementado, lo cual se basa en:

- Una revisión periódica de la instalación.
- Podas eventuales de las plantas.

Las paredes vegetales son muy prácticas para ciudades donde los grandes parques y jardines no son viables por falta de espacio. En áreas también son aconsejables los muros verdes, ya que el agua de circulación en la pared es menos evaporable que en jardines horizontales (Vintimilla 2013).

Es muy importante lo mencionado por el autor, ya que, para el desarrollo y el buen funcionamiento de esta tecnología, se debe considerar los tipos de especies vegetales adecuados para interiores de edificaciones, que sean resistentes y adaptables.

2.2.16. Beneficios de la Naturación Vertical o Jardines Verticales

- Reducción del efecto isla de calor.
- Producen oxígeno
- Favorecen aumento de biodiversidad.
- Constituyen alternativas a la agricultura urbana.
- Aportan mejora estética.
- Protegen el edificio contra el calor bajando la necesidad por el aire acondicionado.
- Reducen el ruido de la calle dentro del edificio.
- Son realmente ecológicos, no necesitan tanta agua ni electricidad para funcionar.
- Son de bajo mantenimiento.
- Podrían ser muy decorativos.
- Si las plantas se agarran de una estructura de guía entonces no dañan a la integridad de la pared, pudiendo ser colocadas en cualquier tipo de muro, sin importar su capacidad de carga (**Cardoza, 2015**).

2.2.17. Gestión para el desarrollo de proyectos de ingeniería

Perfil del proyecto

Define el propósito y la pertenencia del proyecto, presenta un primer estimado de las actividades requeridas y de la inversión total que se necesitará, así como de los costos operativos anuales, y, en el caso de proyectos destinados a la generación de ingresos, del ingreso anual (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007).

Ingeniería base

Tiene por objeto definir las líneas básicas del proyecto tecnologías de naturación urbana (jardín vertical), de manera que suministre al promotor la información

necesaria para poder tomar la decisión de llevar adelante el proyecto o de paralizarlo. Además, la extensión y definición de la Ingeniería Básica ha de ser tal que el equipo de ingeniería pueda tomar de él todos los datos precisos para realizar el cálculo detallado de los componentes y partes y finalizar el proyecto con garantías de éxito. **(Nieto 2013)**

Ingeniería de detalle

Es la fase en la que quedan definidos todos y cada uno de los subsistemas, componentes o partes que integran el proyecto (panel naturado), de tal manera que los documentos que lo desarrollan (planos) han de ser suficientes para llevarlo a la práctica, ya sea bajo la dirección de los mismos proyectistas o por otro equipo de ingeniería distinto. **(Nieto 2013)**

Parte logística

Al conjunto de conocimientos, acciones y medios destinados a prever y proveer los recursos necesarios (materiales) que posibiliten realizar una actividad principal en tiempo, forma y al costo más oportuno en un marco de productividad y calidad. **(Valenzuela, 2008)**

Construcción del proyecto

En esta etapa se ejecuta los trabajos o el ensamblado con todos los componentes que implica el proyecto, considerando los tiempos del cronograma y materiales.

Puesta de marcha

En esta etapa se pone en marcha el sistema desarrollado, comprobando que funciona adecuadamente y que responda a las especificaciones en su momento aprobadas. Esta fase es también muy importante no sólo por representar la culminación de la operación sino por las dificultades que suele presentar en la práctica, alargándose excesivamente y provocando retrasos y costos imprevistos. (Recuperado de http://www.spw.cl/proyectos/apuntes2/cap_3.htm)

Lo referido por tales autores, contribuye al desarrollo del proyecto, ya que estos son procesos fundamentales de ingeniería para la puesta en marcha de la tecnología propuesta.

2.2.18. Gerencia de Proyectos (Project management)

Gerencia de proyectos es la disciplina de organizar y administrar los recursos, de forma tal que un proyecto dado sea terminado completamente dentro de las restricciones de alcance, calidad, tiempo y coste planteados a su inicio. Dada la naturaleza única de un proyecto, en contraste con los procesos u operaciones de una organización, administrar un proyecto requiere de una filosofía distinta, así como de habilidades y competencias específicas. De allí la necesidad de la disciplina Gerencia de Proyectos (García, 2012).

La gerencia de proyectos implica ejecutar una serie de actividades, que consumen recursos como tiempo, financieros, humanos, técnicos, materiales, energía, comunicación (entre otros) para lograr unos objetivos pre-definidos (García, 2012).

Áreas del Conocimiento de la Gerencia

Gerencia de la Integración del Proyecto

Según García (2012), un subconjunto de la gerencia de proyecto que incluye los procesos requeridos para asegurarse de que los varios elementos del proyecto estén coordinados correctamente. Esta área de conocimiento consta de algunos aspectos como lo son:

- Desarrollo del plan de proyecto: Integrar y coordinar todo el proyecto, planear y crear un documento constante, coherente
- Ejecución del plan del proyecto: realizar el plan del proyecto, realizando las actividades incluye en este.
- Control integrado de cambios: cambios que coordinan a través del proyecto entero

Gerencia del Alcance del Proyecto

Según García (2012), consiste en un subconjunto de la gerencia de proyectos que incluye los procesos requeridos para asegurarse de que el proyecto incluya todo el trabajo requerido y solamente trabajo requerido para terminar el proyecto con éxito. Esta área del conocimiento incluye aspectos como:

- Iniciación: autorizar el proyecto o la fase

- Planeamiento del alcance: desarrollar una declaración escrita del alcance como la base para las decisiones futuras del proyecto.
- Definición del alcance: subdividir los deliverables principales del proyecto en componentes más pequeños, más manejables.
- Verificación del alcance: formalización de la aceptación del alcance del proyecto.
- Control del cambio del alcance: cambios que controlan al alcance del proyecto.

Gerencia de Tiempo del Proyecto

Según García (2012), un subconjunto de la gerencia de proyecto que incluye los procesos requeridos para asegurar la terminación oportuna del proyecto. Esta área del conocimiento incluye aspectos como:

- Definición de la actividad: identificando las actividades específicas que se deben realizar para producir las varias fases del proyecto.
- Actividad que ordena: identificando la documentación de dependencias de la interactividad.
- Duración que estima: estimando el número de los períodos del trabajo que serán necesarios terminar actividades individuales.
- Desarrollo del horario: analizar secuencias de la actividad, duraciones de la actividad, y requisitos de recurso de crear el horario del proyecto
- Control de la actividad del horario: cambios que controlan al horario del proyecto

Gerencia del Costo del Proyecto

Según García (2012), un subconjunto de la gerencia de proyecto que incluye los procesos requeridos para asegurarse de que el proyecto esté terminado dentro del presupuesto aprobado. Consiste en:

- Planeamiento del recurso: determinando qué recursos (gente, equipo, materiales) y qué cantidades de cada uno se deben utilizar para realizar actividades del proyecto.

- Garantía de calidad: funcionamiento total de evaluación del proyecto sobre una base regular para proporcionar confianza que el proyecto satisfaga los estándares de calidad relevantes.
- Control de calidad: la supervisión de proyecto específico resulta para determinarse si se conforman con estándares e identificar relevantes de calidad maneras de eliminar causas del funcionamiento insatisfactorio.

Gerencia de Recurso Humano del Proyecto

Según García (2012), un subconjunto de la gerencia de proyecto que incluye los procesos requeridos para hacer el uso más eficaz de la gente implicada con el proyecto. Esta área comprende los aspectos siguientes:

- Planeamiento organizacional: identificando, documentando, y asignando papeles del proyecto, responsabilidades, y relaciones de divulgación.
- Adquisición del personal: conseguir los recursos humanos necesarios para trabajar en el proyecto
- Desarrollo de la organización del equipo: habilidades del individuo que se convierten y del grupo para realzar funcionamiento del proyecto.

Gerencia de Comunicaciones del Proyecto

Según García (2012), un subconjunto de la gerencia de proyecto que incluye los procesos requeridos para asegurar la generación oportuna y apropiada, la colección, la difusión, el almacenaje, y la última disposición de la información del proyecto. En esta área existen aspectos importantes de distribución como:

- Planeamiento de comunicaciones: determinación de la información y de las necesidades de comunicación: quién necesita qué información, cuando él la necesitará, y cómo les será dada.
- Distribución de la información: haciendo a la información necesaria, disponible para proyectarla a tenedores de apuestas de una manera oportuna.
- Funcionamiento de reportes: recogiendo y diseminación de la información del funcionamiento. Esto incluye el pronóstico, la divulgación del estado, medida del progreso de proyecto.
- Cierres administrativos: generando, recolectando, y diseminando la información para formalizar la terminación de la fase o del proyecto.

Gerencia de Riesgos del Proyecto

Según García (2012), la gerencia de riesgo es el proceso sistemático de identificar, de analizar y de responder al riesgo del proyecto. Incluye la maximización la probabilidad y las consecuencias de acontecimientos positivos y de reducir al mínimo de la probabilidad y las consecuencias de acontecimientos adversos de proyectar objetivos. En estas áreas se enfocan aspectos como:

- Planeamiento de la gerencia de riesgo: decidiendo cómo acercar y planear a las actividades de la gerencia de riesgo para un proyecto
- Identificación del riesgo: determinándose qué riesgos pudieron afectar el proyecto y la documentación de sus características.
- Análisis cualitativo del riesgo: la ejecución de un análisis cualitativo de riesgos y las condiciones para dar la prioridad afecta los objetivos del proyecto.
- Análisis cuantitativo del riesgo: midiendo la probabilidad y las consecuencias de riesgos y de estimar sus implicaciones para los objetivos del proyecto.
- Planeamiento de la respuesta del riesgo: procedimientos y técnicas que se convierten para realzar oportunidades y para reducir amenazas del riesgo a los objetivos del proyecto.
- Riesgo que se supervisa y se controlan: supervisando riesgos residuales, identificando los nuevos riesgos que ejecutan planes de la reducción del riesgo, y la procuración de su eficacia a través del ciclo vital del proyecto.

Gerencia de Consecución del Proyecto

Según García (2012), un subconjunto de la gerencia de proyecto que incluye los procesos requeridos para adquirir mercancías y los servicios para lograr alcance del exterior de la organización de ejecución. Consiste en:

- Planeamiento de la solicitud: documentando requisitos del producto e identificar fuentes potenciales.
- Solicitud: citas, ofertas, ofertas como apropiado.
- Elección de la fuente: el elegir entre de vendedores potenciales.
- Administración del contrato: manejo de las condiciones de compra.

- Liquidación del contrato: la terminación y el establecimiento del contrato, incluyendo la resolución de cualesquiera.

2.2.19. Recursos de los estudios de Factibilidad de un Proyecto

Según García (2012), la determinación de los recursos para un estudio de factibilidad sigue el mismo patrón considerado por los objetivos vistos anteriormente, el cual deberá revisarse y evaluarse si se llega a realizar un proyecto. Estos recursos se analizan en función de tres aspectos:

- Operativos
- Técnicos
- Económicos

Factibilidad Operativa.

Se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos), depende de los recursos humanos que participen durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo (García, 2012).

Factibilidad Técnica.

Se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente nos referimos a elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse (García, 2012).

Factibilidad Económica.

Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y / o para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos (García, 2012).

Generalmente la factibilidad económica es el elemento más importante ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividades adicionales cuando no se posee (García, 2012).

2.2.20. Presentación de un estudio de Factibilidad

Según García (2012), un estudio de factibilidad requiere ser presentado con todas las posibles ventajas para la empresa u organización, pero sin descuidar ninguno de los elementos necesarios para que el proyecto funcione. Para esto dentro de los estudios de factibilidad se complementan dos pasos en la presentación del estudio:

- Requisitos Óptimos.
- Requisitos Mínimos.

El primer paso se refiere a presentar un estudio con los requisitos óptimos que el proyecto requiera, estos elementos deberán ser los necesarios para que las actividades y resultados del proyecto sean obtenidos con la máxima eficacia (García, 2012).

El segundo paso consiste en un estudio de requisitos mínimos, el cual cubre los requisitos mínimos necesarios que el proyecto debe ocupar para obtener las metas y objetivos, este paso trata de hacer uso de los recursos disponibles de la empresa para minimizar cualquier gasto o adquisición adicional (García, 2012).

Un estudio de factibilidad debe representar gráficamente los gastos y los beneficios que acarreará la puesta en marcha del sistema, para tal efecto se hace uso de la **curva costo-beneficio** (García, 2012).

Proyecciones financieras

Esta parte es la que probablemente lleve más tiempo. Debe incluir una relación de los ingresos esperados frente a los costos que el proyecto va a generar. Se asume que el proyecto puede ser deficitario en los primeros años, pero ha de alcanzarse el punto de equilibrio en algún momento a partir del segundo o tercer año en adelante.

Hay diferentes fórmulas o escuelas, para presentar una cuenta de resultados, cálculos coste-beneficio, Valor Actual Neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), punto de equilibrio, pero ha de quedar claro cuál es la rentabilidad del proyecto y ésta debería ser positiva. Si después de calcular las proyecciones financieras no se ve la rentabilidad a 5

años, mejor no seguir con el proyecto o darle un par de vueltas porque entonces la viabilidad como tal no se habrá conseguido (Rubio, 2015).

Cálculo del Costo-Beneficio

Según Clavo (2013), la relación costo-beneficio (B/C), también conocida como índice neto de rentabilidad, es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto.

Análisis costo-beneficio

$$B/C = VAI / VAC$$

Según el análisis costo-beneficio, un proyecto o negocio será rentable cuando la relación costo-beneficio es mayor que la unidad.

$$B/C > 1 \rightarrow \text{el proyecto es rentable}$$

Los pasos necesarios para hallar y analizar la relación costo-beneficio son los siguientes:

Procedimientos para hallar los costos y beneficios: en primer lugar hallamos la proyección de los costos de inversión o costos totales y los ingresos totales netos o beneficios netos del proyecto o negocio para un periodo de tiempo determinado (Clavo 2013).

Convertir costos y beneficios a un valor actual:

Debido a que los montos que hemos proyectado no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo (hoy en día tendrían otro valor), debemos actualizarlos a través de una tasa de descuento (Clavo 2013).

Hallar relación costo-beneficio:

Dividimos el valor actual de los beneficios entre el valor actual de los costos del proyecto.

Analizar relación costo-beneficio:

Si el valor resultante es mayor que 1 el proyecto es rentable, pero si es igual o menor que 1 el proyecto no es viable pues significa que los beneficios serán iguales o menores que los costos de inversión o costos totales (Clavo 2013).

Comparar con otros proyectos:

Según Clavo (2013), si tendríamos que elegir entre varios proyectos de inversión, teniendo en cuenta el análisis costo-beneficio, elegiríamos aquél que tenga la mayor relación costo-beneficio.

2.2.21. Planeación de Proyectos

La trascendencia de la Gerencia de Proyectos a nivel mundial ha demostrado que realizando una buena administración, que cuente con procesos de planeación eficientes, favorecen la ejecución y el control de uno o varios proyectos, generando importantes resultados, como consecuencia hace que exista un gran interés por desarrollarla en las empresas públicas y privadas. La aplicación de este sistema está logrando que actualmente exista una renovación en las empresas con tendencias a implementar esta actividad (García, 2012).

La planeación de proyectos de infraestructura tiene un objetivo, construir de forma eficiente beneficiando a empresas privadas o públicas. La planeación ayuda a garantizar que los proyectos se entreguen con el tiempo, calidad y costo acordados (García, 2012).

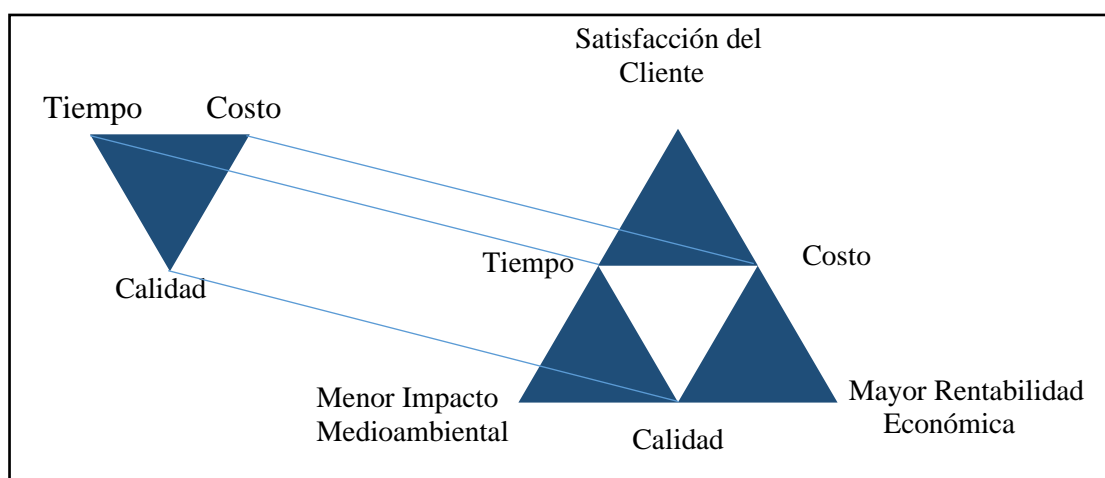


Figura 27. Factores de la planeación

Fuente: Enciclopedia virtual

El Gerente de Proyecto se debe preparar para enfrentarse a presiones políticas, sociales y económicas. Actualmente se está demostrando que la ley de presupuestos debió considerar la planificación con más importancia. México está iniciando una lucha para que la planeación se lleve a cabo de manera adecuada y que se pruebe que es redituable económicamente hablando, por eso es importante dedicarle tiempo a la etapa de fase planeación del proyecto (García, 2012).

Se deben proponer sistemas lógicos planeados en experiencia de muchos años, ejecutarlos y enriquecerlos

La planeación de un proyecto debe ser sistemática, se necesita implementar un método o un sistema para desarrollar la planeación del proyecto de forma efectiva, flexible, que se adecue a las circunstancias en las etapas del proyecto, llevarlo de manera organizada y tratando de respetar los procedimientos (García, 2012).

Según García (2012), sin una planeación adecuada, existen consecuencias como:

- Planificaciones deficientes
- Desilusión Caos,
- Búsqueda de culpables
- Castigos, penalizaciones
- Retrasos, Costos excesivos
- Calidad pobre, cuando no deficiente.

Tenemos que apoyarnos en nuestras experiencias, sabiendo que estos elementos podrán repetirse, con la planeación adecuada evitaremos que vuelvan a ocurrir (García, 2012).

El uso de habilidades obtenidas a través del tiempo será un valioso potencial para convertirse en gerente de proyecto y lograr una correcta planeación (García, 2012).

Uno de los objetivos de la planeación es la definición completa de todo el trabajo (plan de administración del proyecto) y debe ser identificada claramente por todos (García, 2012).

Es importante hacer que el proyecto cumpla satisfactoriamente todas las fases que se requieren, inicio, planeación, ejecución, control y cierre. Particularmente las fases de planeación ejecución y control debe de mantener un proceso continuo de retroalimentación hasta cumplir con el objetivo y llevarlo a término (García, 2012).

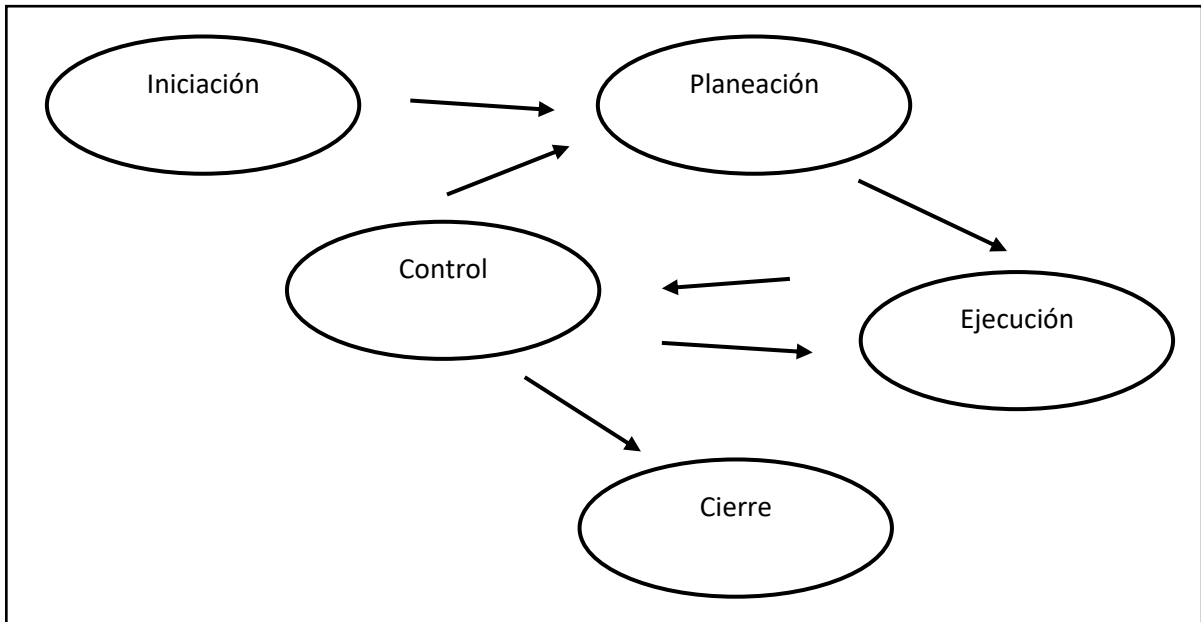


Figura 28. Interacciones de Tiempo, Costo y Calidad

Fuente: Duncan, 1996.

2.2.22. Facultades del Gerente de Proyecto

Según García (2012), se recomienda a las personas que ejerzan la Gerencia de Proyecto contar con facultades suficientes para poder desarrollarla debidamente con autorización y conocimiento pleno del cliente. Mencionamos algunas de estas a continuación:

- a. Es la máxima autoridad dentro de un proyecto, misma que debe ser otorgada por el cliente en forma escrita indicando sus alcances donde autorice desarrollar las actividades de gerencia de proyecto.
- b. Convocar, moderar juntas dirigidas por el gerente del proyecto con el fin de obtener acuerdos, autorizaciones y/o aprobaciones sobre temas en general para el proyecto.
- c. Conciliar, revisar y aprobar los calendarios y/o programas necesarios del Proyecto
- d. Revisar, conciliar y aprobar condiciones generales de contratación de los involucrados en el proyecto.

- e. Exigir a los contratistas, subcontratistas y/o proveedores el otorgamiento de garantías, seguros y demás requisitos que deberán indicarse en dichos contratos.
- f. Impartir en el inmueble y en el sitio de la obra, las indicaciones necesarias para que los contratistas, subcontratistas y/o proveedores realicen sus trabajos, suministros y/o servicios en estricto apego a planos, especificaciones, presupuestos, programas y/o calendarios, condiciones de seguridad y demás elementos descriptivos y condiciones estipulados a fin de que la construcción del inmueble pueda ser realizada conforme a la calidad y oportunidad establecidas.
- g. Convocar a las reuniones de verificación y expedir las instrucciones necesarias para regular las relaciones y campos de actividad de los diversos contratistas, subcontratistas, proveedores y demás personas que en cualquier forma tengan injerencia en relación de los trabajos.
- h. Solicitar a los diversos contratistas, subcontratistas y/o proveedores la presentación de las licencias, autorizaciones, manuales y de más documentos concernientes al trabajo, instalación o suministro de que se trate.
- i. Revisar, aprobar o rechazar, los avances de obra, los recibos o facturas y cualquier otro documento mediante el cual deban efectuarse los pagos; entendiéndose que para otorgar su aprobación, los trabajos o suministros de que se trate deberán de ser ajustados a los planos, especificaciones, cantidades, programas y demás condiciones, técnicas y contractuales aplicables.
- j. En general, dirigir, supervisar, coordinar y administrar los trabajos e impartir las instrucciones necesarias para su debida y oportuna ejecución, reposición o reparación en su caso; así como recibirlos mediante las Actas correspondientes.
- k. - Deberá apoyarse en asesorías de expertos para resolver problemas que se puedan presentar de manera anticipada.

Es importante mencionar algunas características importantes que debe tener el Gerente de Proyecto:

- Debe tener un promedio de 10 a 15 años de experiencia comprobable en el campo de la construcción, en donde tenga un 70 % de experiencia en campo y un mínimo de 30 % en experiencia administrativa.
- Tener conocimiento de los procesos administrativos que propone el PMI.
- Experiencia y conocimiento en contratos, especificaciones e interpretación de planos de dibujo
- Habilidad para trabajar con personas, organizaciones, proveedores con capacidad de negociar.
- Dedicación efectiva en tiempo para conocer el contexto general del proyecto a desarrollar
- El GP es responsable de la coordinar e integrar múltiples actividades, todas las indispensables para alcanzar exitosamente su terminación.

La planeación del gerente de proyecto así mismo debe contemplar:

- Objetivos del proyecto.
- Alcances del proyecto.
- Metas por etapa del proyecto.
- Definición de Políticas.
- Logística o programa del proyecto.
- Planeación de los recursos (todos).
- Diseño de la organización del proyecto.
- Diseño del reglamento del proyecto.
- Establecimiento de los mecanismos de control.
- Diseño de estrategias ante contingencias.

2.2.23. Factores que influyen en el Éxito de los Proyectos

El éxito de un proyecto no puede considerarse que concluye cuando un proyecto se desarrolla con cierto programa, apegado a un presupuesto y Satisfizo el desempeño de la gente involucrada en este (García, 2012).

El proyecto, según varios autores, con experiencias en cientos de proyectos, lo definen de la siguiente manera, se cumple un proyecto cuando:

Cumple con las especificaciones técnicas

- Cumple con la misión a realizar
- Existe un alto nivel de satisfacción
- Cuando funcionó la organización matriz
- La gente clave en la organización del cliente
- La gente clave en el equipo de proyecto



Resultado = Éxito total

Es importante hacer notar el papel que juegan las percepciones, uno de los puntos que se destaca es tratar de cumplir con la programación y permanecer dentro del presupuesto. Existen características necesarias para lograr el éxito percibido, sin embargo, no son suficientes para lograrlo. El mismo caso, para el fracaso percibido, la ausencia de ciertas características, no son suficientes para el éxito percibido (García, 2012).

Estrategias generales para dirigir proyectos

La aplicación de estrategias en la dirección de proyectos, se basan en los factores asociados de éxito y fracaso. Estas estrategias se utilizan la intuición y/o la práctica tradicional (García, 2012).

Podemos utilizar la forma matricial de estructura organizacional de proyectos, y aunque sea la menos usada para los patrones tradicionales de organización funcional, se considera que la probabilidad del proyecto sea de éxito, sin embargo es falso, debido a que no existen definiciones claras de las estructuras de organizacionales, existen términos que implican otros patrones (García, 2012).

Para describir la estructura organizacional se presentaron los siguientes patrones organizacionales durante el periodo de un proyecto.

Funcional puro. El gerente de proyecto, si existía era solamente el punto focal para las comunicaciones, no dirige sin el permiso de su superior

Matriz débil. El gerente de proyecto era punto focal para el control, no dirige de forma directa. Matriz fuerte o parcialmente orientada hacia los proyectos. El gerente es punto

focal para el control y la dirección, está en forma administrativa y podía tener personal de control reportándole (García, 2012).

Orientado hacia proyectos. El gerente de proyectos controla elementos esenciales para el equipo de proyecto.

Totalmente orientado hacia proyectos. El gerente tiene control de casi todo el personal que estaba en el equipo de proyectos. El gerente de control si quiere lograr el éxito de unos proyectos tiene que tener bajo su control las funciones claves del equipo encargado del proyecto (García, 2012).

Es falso decir que la toma de decisiones en relación a la organización matricial y/o la organización del cliente debe de adoptar un papel más activo. Esto es debido a que tanto el gerente como el cliente primero deben de establecer metas definitivas, debe de haber un consenso entre ambas para lograr el éxito (García, 2012).

Según García (2012), hay áreas en la que se comprobó de lo importante de estos consensos:

- Proyectos con ambientes legales políticos complejos
- Proyectos relativamente grandes
- Proyectos realizados dentro de una organización cuando se gestan grandes cambios.

Una vez fijados los criterios entre el cliente, la matriz y el equipo encargado del proyecto, es importante que el gerente proyectos tenga la autorización de llevar a cabo toma de dediciones internas.

Es claro que al gerente de proyectos se le debe delegar suficiente autoridad para dirigir a un equipo de proyectos.

La toma de decisiones y la solución de problemas correlacionándose debidamente asegura el éxito.

La participación pública es un ingrediente el cual, aunque tenga ciertos juicios de valor, podría retardar y estorbar el éxito de los proyectos, por lo que debe de ser minimizada (García, 2012).

La importancia que tiene el gerente de proyectos no solo del área administrativa sino del área técnica para el éxito de un proyecto, inclusive es importante combinar el área técnica con la de relaciones humanas y administrativas (García, 2012).

*Fiedler define que un gerente de proyecto eficaz, generalmente está comprometido con las metas del proyecto y constantemente reafirma la importancia de alcanzar dichos objetivos, apoyándose en miembros claves que proporcionen asistencia en la solución de problemas.

Sin embargo, si un proyecto tiene éxito o fracasa, no se debe olvidar que debe de ser analizado para determinar las razones del éxito o el fracaso y donde se pueden hacer mejoras. Una post-producción de auditoría determinará si los contribuyentes al fracaso o éxito de los procesos son exclusivos del proyecto o sistémicos a la organización. Un robusto plan de post-producción de auditoría en los proyectos también puede determinar si un único factor de éxito es repetible. Por lo tanto, la inclusión de una auditoría posterior a la producción como parte de su proceso de cierre de proyectos es beneficiosa para cualquier organización. Un auditor independiente o neutral utilizando las herramientas adecuadas es la persona ideal para llevar a cabo la auditoría. Post-producción auditorías pueden garantizar a largo plazo de proyectos de mejora de la gestión de una organización (García, 2012).

2.2.24. Planeación dentro del Tiempo, Costo y Calidad

Según García (2012), las características de un proyecto obedecen principalmente a ciertos puntos:

- A la demanda de una sociedad en continuo crecimiento
- A las necesidades de empresas por incrementar sus ingresos
- Por el encargo de un cliente
- Avances tecnológicos
- La elaboración del proyecto dentro de un marco normativo

El gerente de proyecto debe de tomar estos puntos haciéndolos cumplir dentro del tiempo, costo y calidad solicitados, dichas interacciones que pueden ser representados a través de un triángulo como se muestra.

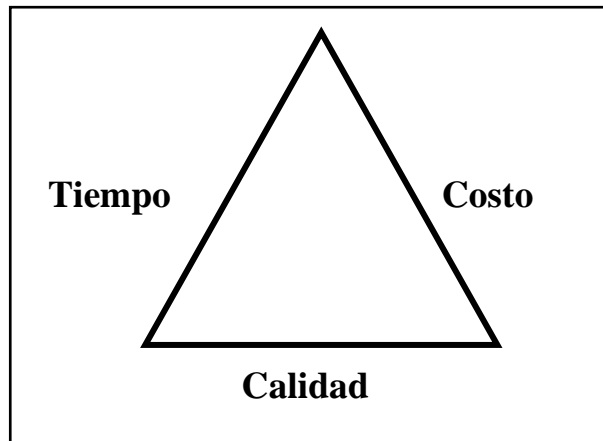


Figura 29. Triángulo de Tiempo, Costo y Calidad
Fuente: García, 2012

La fase de planeación recordará en todo momento estas tres interacciones con el objetivo de prever que durante la fase de ejecución se afecte alguna de estas produciendo un efecto positivo o negativo en las otras dos como se ilustra gráficamente En la figura X. Esto quiere decir que con el seguimiento oportuno de las fases del proyecto, más las decisiones que ocurra durante su desarrollo, se podrá tener un equilibrio, evitando afectar el costo, o la calidad, o ambos de manera importante (García, 2012).

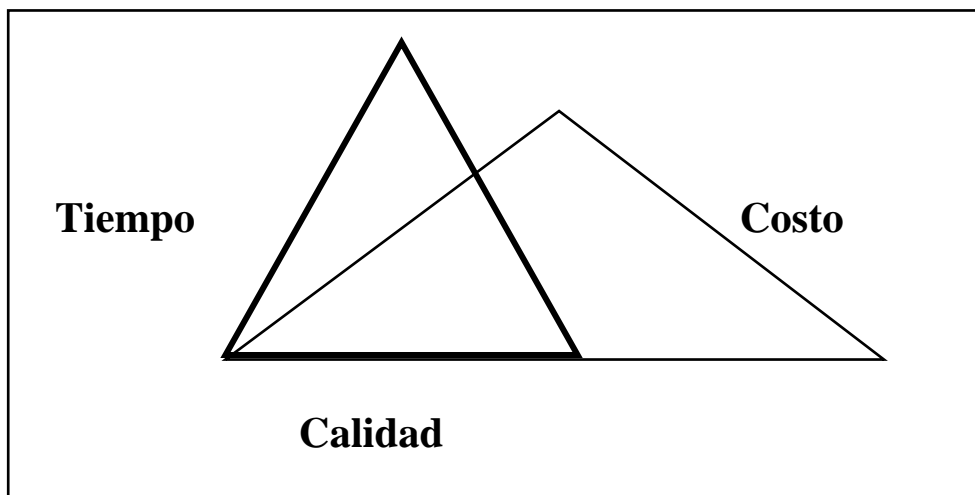


Figura 30. Interacciones de Tiempo, Costo y Calidad
Fuente: García, 2012

1.3. Marco legal

Dentro de los aspectos de responsabilidad social y ambiental se han considerado en las normativas nacionales e internacionales para cumplir las disposiciones mínimas de salud y seguridad en el área de investigación que afectan a los usuarios de las edificaciones comerciales.

1.3.1. Normas nacionales

Norma Técnica EM.110 · Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética" en el RNE, aprobado con Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA; las mismas que han sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de la Cuadragésima Séptima Sesión de fecha 30 de octubre del presente año, que forma parte del expediente correspondiente.

1.3.2. Normas Internacionales

REAL DECRETO 486/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE N° 97 23-04-1997.

Anexo III. Condiciones ambientales en los lugares de trabajo.

- La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores. Asimismo, y en la medida de lo posible, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores. A tal efecto, deberán evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y, en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados.
- En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes condiciones:

La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27° C. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25° C.

La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior

será el 50%. Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a **corrientes de aire** cuya velocidad exceda los siguientes límites: Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s. Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s. Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s. Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.

Norma UNE-EN ISO 7730:2006, integrando los factores de nivel de actividad (física), características de la ropa, temperatura seca del aire, humedad relativa del ambiente, temperatura radiante media y velocidad relativa del aire, considerando además el porcentaje de personas insatisfechas (PPD por sus siglas en inglés) con las condiciones térmicas del ambiente.

Norma Española UNE 171330 – Calidad ambiental en interiores

Esta norma se desarrolla con el objeto de establecer un sistema paso a paso de diagnóstico, inspección y gestión de los ambientes interiores. El campo de aplicación de esta norma es el ambiente interior de todo tipo de recintos, instalaciones y edificaciones, exceptuando aquellos que se destinan a actividades desarrolladas en procesos industriales y agrícolas.

- **Parte 1 – Diagnóstico de calidad ambiental interior (2008)**

Esta parte de la norma tiene como objeto describir una metodología para la elaboración de un diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores. Dicho diagnóstico tiene implicaciones en la prevención de riesgos ambientales para la salud en general y, en concreto, para la salud pública en edificios e instalaciones urbanas. El diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores es el primer paso para establecer un sistema de gestión de la calidad ambiental en interiores en un edificio.

- **Parte 2 – Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior (2009)**

Esta parte de la norma describe la parte de valoración e inspección como continuación al proceso de diagnóstico descrito en la norma UNE 171330-1, aportando la metodología a aplicar en la valoración de los aspectos ambientales mediante la inspección y toma de muestras de contaminantes del ambiente interior.

- **Parte 3 – Sistema de gestión de los ambientes interiores (2010)**

Esta parte de la norma establece requisitos para la implantación de un sistema de gestión de la calidad de los ambientes interiores de cara a las auditorías y a la certificación de una adecuada calidad ambiental en un edificio.

Norma Española UNE-EN 15251 – Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido (2008).

Esta norma define como establecer y definir los principales parámetros para utilizarse como datos de partida para el cálculo energético del edificio y para la evaluación a largo plazo del ambiente interior. La norma es aplicable principalmente a edificios no industriales, donde los criterios para el ambiente interior se establecen por la ocupación humana y donde la producción o proceso no tiene un mayor impacto sobre el ambiente interior. La norma especifica varias categorías diferentes del ambiente interior, las cuales pueden seleccionarse para el espacio que debe ser acondicionado. Las diferentes categorías de criterios pueden usarse dependiendo del tipo de edificio, tipo de ocupantes, tipo de clima y diferencias a nivel nacional.

Norma, UNE EN 27243:95. Ambientes calurosos: Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT.

Tiene por objeto describir un método que puede ser fácilmente aplicado en un entorno industrial para evaluar el estrés térmico al que está sometido un individuo expuesto a un ambiente caluroso, normalmente vestido (índice de aislamiento térmico de la vestimenta 0.6 clo), físicamente apto para la actividad considerada y con buena salud, siempre y cuando el tiempo de exposición no sea muy corto.

Decreto 594 -1999 Ministerio de Salud de Chile

Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo

Artículo 32: Todo lugar de trabajo deberá mantener, por medios naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud del trabajador.

III. Método

La presente Investigación se basa en la aplicación del método científico.

3.1. Tipo de la Investigación:

Cuantitativa, por las características de medidas numéricas de las variables, como en la temperatura, humedad relativa y costos del proyecto.

3.1.1. Diseño de la Investigación:

Experimental, ya que se manipulará la variable independiente, Naturación vertical o Jardín vertical, en el interior de la zona de estudio, con el fin de evaluar su incidencia en el confort térmico.

3.1.2. Nivel de la Investigación:

Aplicativo, porque se plantea resolver el problema de condiciones ambientales en el interior de las edificaciones Comerciales de Lima Cercado, utilizando tecnologías de naturación.

3.2. Población y Muestra

La población para la presente investigación, está conformada por las edificaciones comerciales ubicadas en Lima Cercado.

La edificación seleccionada para la investigación se determinó mediante el método no probabilístico definiéndola como unidad de análisis a juicio del investigador (caso de uso).

Unidad de análisis: Edificio Comercial “Centro Lima”, Ubicado en la Av. Bolivia 148 Urb. Cercado de Lima - Lima.

3.3. Operacionalización de Variables

Las variables del presente trabajo de investigación se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 4.

Variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Naturación Vertical. Es un tratamiento técnico con vegetación especialmente adaptada para superficies edificadas verticales de construcciones urbanas, también llamados Jardín vertical.	Tratamiento Técnico	-Tipo de materiales	1. ¿Conoce o ha visto algún tipo de jardín vertical?	Encuesta de Aceptación del producto.
		- Adaptación de la cubierta vegetal	2. ¿Le gustaría implementar un sistema de jardín vertical (naturación vertical) en el interior de su edificación o vivienda?	
	Cubiertas Vegetales	-Nº de especies veg./ m2	3. ¿Qué especies vegetales le gustaría cultivar en su jardín vertical?	
		- Calidad del diseño	4. ¿Cree usted que el jardín vertical mejora la calidad del aire interior?	
Diseño del Panel vertical	-Grado de aceptación del Usuario	5. ¿Está dispuesto a cultivar y darle un mantenimiento a su jardín vertical?		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.

Variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Confort Térmico Es una sensación de percepción neutral del sujeto en relación a un ambiente térmico específico.	Condiciones Ambientales.	Temperatura °C	¿Los resultados analizados del confort térmico por incidencia del panel naturado se encuentran de acuerdo a las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo?	Mini estación Meteorológica.
		% de Humedad Relativa		
		Velocidad del viento m/s		Registrador de Temperatura y humedad.

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Instrumentos

Los instrumentos y materiales utilizados en la investigación fueron (Ver Anexo 1).

3.4.1. Equipos

- Registrador de Temperatura y Humedad.
- Mini estación Meteorológica Kestrel 500.

3.4.2. Cartografía

- Plano de la edificación.
- Plano del Cercado Lima.

3.4.3. Software

- RHT-10 Versión 5.6 (para programar y visualizar los datos registrados de Temperatura y Humedad Relativa).
- AutoCAD (para elaborar planos).

3.4.4. Materiales de campo y gabinete.

- Tubos de PVC de 2"
- Lija de 100
- Pegamento especial par uniones
- Especies vegetales
- Cesta de plástico
- Porta Cestas
- Nutrientes AB (Solución Hidropónica)
- Cinta de doble contacto SVL
- Sprite Pistola de plástico para aspersión.
- Gasa no estéril
- Regla Metálica de 30 cm
- Sustrato liviano
- Plancha blanca para panel
- 3m de Cinta de Vinil Blanca
- Tijeras
- Taladro Perforador
- Limas
- Manguera de polietileno (16 mm) para riego
- Accesorios de riego
- Goteros temporizadores
- Llaves para regular paso del agua

- 24 goteros autocompensantes
- llaves de paso (16 mm)
- Pegamento para PVC
- Sierra de mano
- tapas para PVC
- 2 punzones metálico/
Plástico
- 10 codos (16 mm)
- Lapicero
- Alicata
- abrazaderas de metal.

3.5. Procedimiento

El procedimiento para el desarrollo de la investigación consta de las siguientes fases:

Fase 1

Evaluar las condiciones ambientales del confort térmico basado en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, para edificaciones comerciales de Lima Cercado.

Actividades:

- Reconocimiento situacional del área de estudio.
- Realizar la descripción de las actividades que se desarrollan dentro del centro comercial.
- Planificar los puntos de medición dentro del centro comercial.
- Realizar las mediciones de acuerdo al cronograma establecido.
- Comparar los datos obtenidos con las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Fase 2

Desarrollar un sistema piloto de jardín vertical (panel naturado), para interiores de edificaciones comerciales.

Actividades:

- Diseñar el jardín vertical piloto en el software AutoCAD.
- Adquisición de los materiales y ensamblado del jardín vertical.
- Instalar el sistema de riego por goteo y revisar los ensayos de prueba en el jardín vertical.
- Instalar las especies vegetales, seleccionadas, en la estructura del jardín vertical.

Fase 3

Analizar la incidencia de la naturación vertical piloto, en el confort térmico de edificaciones comerciales.

Actividades:

- Instalar el Panel naturado (jardín Vertical) dentro de la edificación (área de estudio seleccionado).
- Realizar las mediciones de los parámetros de confort térmico, en el área con panel naturado y sin panel naturado.
- Procesar los datos obtenidos y analizar la variación de los parámetros del área con panel naturado y sin panel naturado.
- Documentar los resultados en gráficos y tablas.

Fase 4

Determinar el costo beneficio del proyecto, mediante proyecciones financieras.

Actividades:

- Determinar los costos de inversión, costos fijos mensuales y las ventas del producto.
- Elaborar las proyecciones financieras en un flujo de caja, considerando un periodo de 12 años.
- Hallar la tasa interna de retorno (TIR), Valor actual neto (VAN) para evaluar la viabilidad del proyecto.
- Elaborar el análisis final del proyecto
- Documentar el informe final.

3.5.1. Lugar de estudio

Edificación comercial “Centro Lima” (Ver Anexo 3) fundada el 15 de setiembre de 1987, ubicado en la Av. Bolivia 148, Cercado de Lima 15001 (limita por el norte con la av. Uruguay, por el sur av. Bolivia y por el oeste con el jirón Camaná).

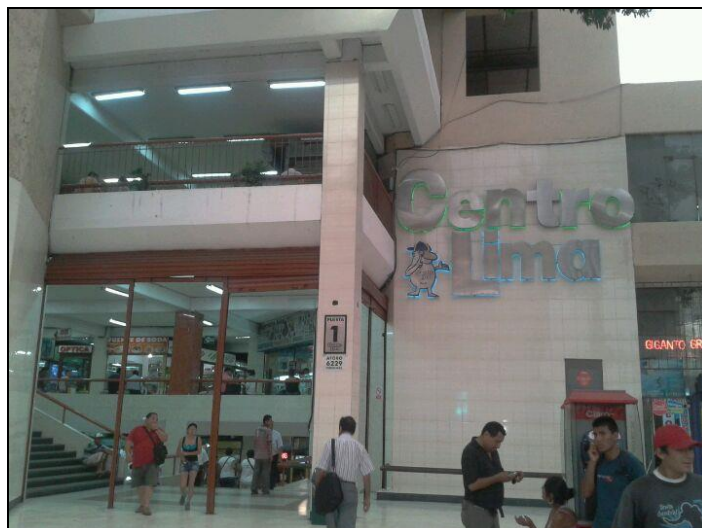


Figura 31. Edificación comercial Centro Lima

Fuente: propia

Localización geográfica:

Coordenadas:

Este: 278245

Norte: 8666536

Características físicas:

Área : 9 540 m²

Perímetro : 443 m

Pisos : 4 (3 en funcionamiento y 1 sin acceso al público)

Aforo : 3250 personas

Número de stands : 1450 stands, distribuidos en tres pisos.

1^{er} piso: 700 stands

2^{do} piso: 350 stands

3^{er} piso: 400 stands

Actividades económicas en la Edificación comercial “Centro Lima”

Las actividades que se desarrollan dentro de la edificación comercial son las siguientes:

- Impresiones laser y a tinta liquida
- Imprenta (Talonarios, volantes, almanaques, afiches, carpetas, etc.)
- Diseño Gráfico y de Web
- Gigantografías
- Papelería y venta de útiles de oficina
- Cabinas de Internet
- Fotocopias y Ploteos
- Enmicados y anillados
- Edición de videos
- Empastados
- Elaboración de recordatorios, llaveros, placas y sellos
- Taller de letras en 3D de madera y acrílicos
- Venta de comidas
- Venta de equipos informáticos
- Impresión de Viniles

Las actividades que se realizan dentro de la edificación comercial (área de estudio) generan diversos compuestos volátiles, gases tóxicos y partículas en suspensión, las cuales generan contaminación del aire interior, afectando a la salud (vías respiratorias, reacciones alérgicas, irritación de los ojos, etc.) de los usuarios (clientes, personal que labora en cada stand, personal administrativo, de vigilancia y visitantes) principalmente del personal que labora al interior, quienes pasan mayor tiempo del día, dentro de las galerías (2050 usuarios de stand aprox. en los tres pisos de la galería)

Los pasadizos se ven invadidos por mercaderías, sillas y múltiples cajas lo cual reduce el área de transito de los usuarios generando un hacinamiento en horas de alta demanda.

En horas donde los rayos solares se incrementan, al interior de la galería se percibe elevadas temperaturas, que genera malestar en los usuarios.



Figura 32. Actividades comerciales

Fuente: Propia



Figura 33. Pasadizo de la galería Centro Lima

Fuente: Propia

3.6. Análisis de datos

Los datos analizados en la presente investigación corresponden a los parámetros de confort térmico (temperatura y humedad relativa) para evaluar las condiciones ambientales en el interior de edificaciones comerciales, durante la experimentación de ambientes con naturación vertical, la cual se procesaron en gráficos.

3.7. Consideraciones éticas

El registro de datos primarios ha sido obtenido en base a los equipos de medición, con calibración de fábrica, al ser adquiridos exclusivamente para la investigación. La información secundaria fue recopilada de investigaciones elaboradas por otros autores, las cuales han sido citadas correctamente respetando el estilo APA.

IV. Resultados

4.1. Condiciones ambientales del confort térmico en la edificación comercial

La evaluación de las condiciones ambientales del confort térmico, se realizaron utilizando la miniestación meteorológica “Kestrell 5500” en el área seleccionada dentro de la edificación comercial (Ver Anexo 4), cuyos resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultados de las condiciones ambientales 26 /01/2019

Horas	Temperatura °C	Humedad %	Velocidad m/s
12:00	29.2	55.7	0
13:00	28.7	58.3	0
14:00	28.6	56.9	0
15:00	28.8	60.1	0
16:00	28.6	62.7	0
17:00	28.6	62.2	0
18:00	28.4	58.5	0,02

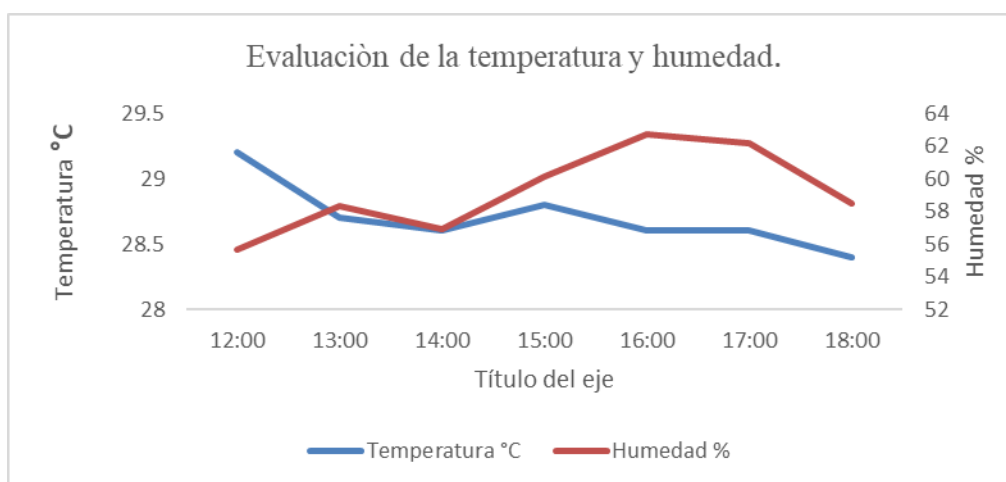


Figura 34. Evaluación de la temperatura y humedad - día 26

En la Figura 34, la temperatura promedio obtenida (28,7 °C) dentro de la edificación comercial, sobrepasan las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, para actividades ligeras la temperatura máxima admitida es de 25°C, esto se presenta debido a los diferentes equipos y maquinarias que funcionan dentro de la edificación (Imprentas, Ploters, troqueladoras, selladoras, cortadoras, computadoras, impresoras, fotocopiadoras, televisores etc) y los sistemas de iluminación, con los que trabajan los propietarios dentro de las galerías, así mismo, los sistemas de ventilación

son deficientes y no están operativos en la mayoría de los casos, ya que la velocidad del viento obtenida es 0 m/s, cuando por norma en ambientes calurosos no sedentarios es de 0,75 m/s, lo cual está generando un discomfort térmico en los operadores, usuarios y público visitante de la edificación comercial, alterando las condiciones ambientales internas, desencadenando diversos problemas en la salud.

4.2. Desarrollo del jardín vertical, para interiores de edificaciones comerciales.

4.2.1. Diseño del jardín vertical piloto

El diseño de la estructura para la naturación vertical se realizó en el software AutoCAD, considerando un sistema de riego y los sistemas de drenajes para los residuos de aguas, como se muestra en la Figura 3.

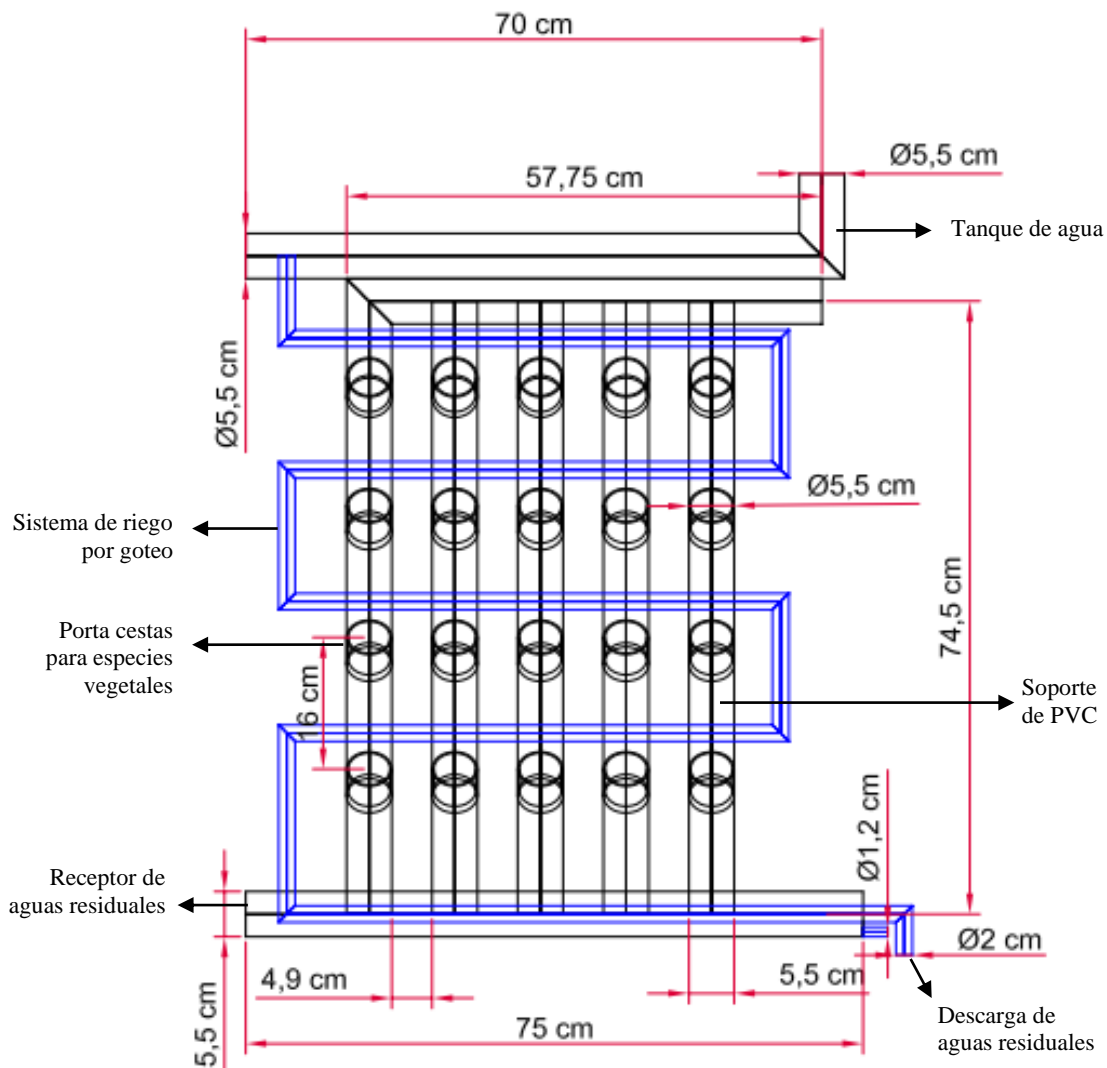


Figura 35. Diseño de la estructura para la naturación vertical

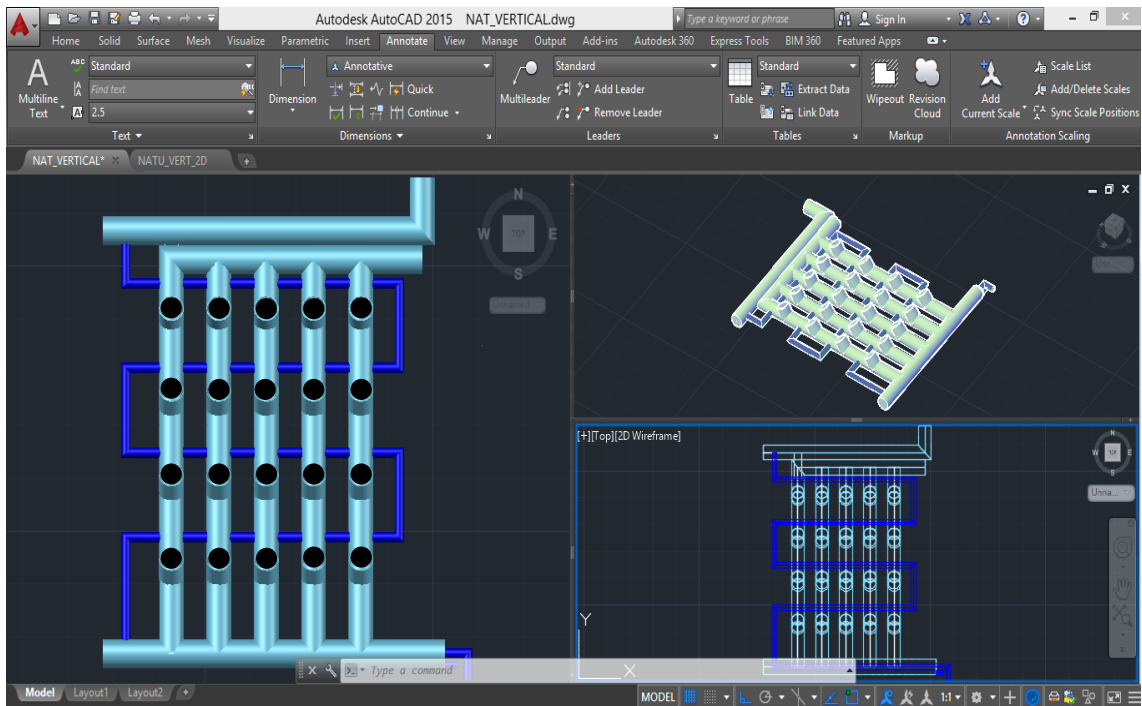


Figura 36. Diseño en 3D de la estructura para la naturación vertical

4.2.2. Ensamblado estructural del jardín vertical.

Se realizó el ensamblado estructural, con tubos de PVC (codos, yes y tes de 2 pulgadas), y se efectuó cortes en la parte superior de las porta cestas, para la instalación de mangueras de riego de 16 mm (Figura 37).



Figura 37. Ensamblado de estructura con PVC

4.2.3. Instalación del sistema de riego por goteo y ensayos de prueba

La instalación para el sistema de riego se realizó mediante mangueras de polietileno con codos de 16 mm para conducir el agua por cada nivel en forma de zig zag con sus respectivas válvulas (llaves de entrada y de salida) y 24 goteros auto compensables.

Para elaborar el tanque de agua se utilizó un tubo de PVC, lo cual fue colocado y sujetado con las abrazaderas de metal en la parte superior de la estructura del panel, con una apertura para el suministro del agua, como se muestra en la Figura 38.

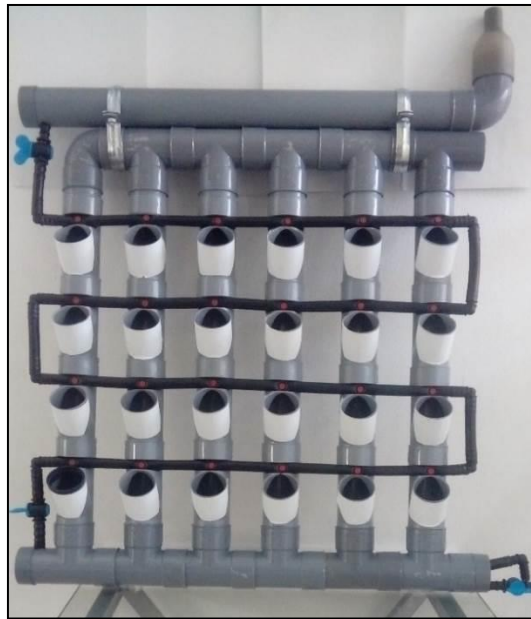


Figura 38. Sistema de riego sobre la estructura

Los ensayos del sistema de riego se realizaron suministrando agua al tanque, luego se abrieron las válvulas para probar en funcionamiento los goteros autos compensables.



Figura 39. Ensayos del sistema de riego



Figura 40. Instalación del recubrimiento del Jardín vertical

Fuente: Propia

Instalación de especies vegetales en la estructura del jardín vertical

Mediante cestas de plástico, con diseño para sistemas hidropónicos, se instalaron las especies vegetales (*Aptenia Cordifolia*), considerando sustratos livianos (algas marinas, residuos orgánicos, tierra de chacra y una gasa como envolvente) en la estructura del panel formando un jardín vertical (Ver Anexo 2), como se muestra en la Figura 41.



Figura 41. Instalación de las especies vegetales

4.3. Incidencia de la naturación vertical piloto en el confort térmico

Para analizar la incidencia de la naturación vertical sobre el confort térmico se instaló el jardín Vertical piloto dentro área de estudio seleccionado de la edificación comercial, como se presenta en la Figura 42 y luego se realizaron las mediciones de los parámetros respectivos.



Figura 42. Naturación vertical piloto dentro de la edificación comercial.



Figura 43. Naturación vertical piloto dentro de la edificación comercial.

Resultados de las mediciones de los parámetros del confort térmico

Las Mediciones de los parámetros del confort térmico en el interior de la edificación, se realizaron con una mini estación meteorológica Kestrel 5500 y con registradores de temperatura y humedad relativa, en el área con panel naturado y sin panel naturado.

Resultados de la variación de temperaturas y humedad

Los resultados obtenidos de las mediciones con los equipos registradores (mini estación meteorológica), en ambientes con naturación vertical y sin naturación vertical dentro de la edificación comercial fueron tomados en horario laboral, sincronizados al mismo tiempo, como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 7

Resultados de la variación de temperaturas y humedad - día 1

07/02/2019 Hora	Temperatura sin naturación vertical	Temperatura con naturación vertical	Variación T° (°C)	Humedad sin naturación vertical	Humedad con naturación vertical	Variación HR (%)
09:00	26.8	25,1	1,7	72.9	76,4	-3,5
10:00	26.9	26,2	0,7	71.1	69,9	1,2
11:00	27.2	26,8	0,4	69.4	69,5	-0,1
12:00	28.4	27	1,4	63.8	70,7	-6,9
13:00	28.8	27,6	1,2	63.4	69,1	-5,7
14:00	29	28,4	0,6	64.2	67,3	-3,1
15:00	29.6	28,5	1,1	62.8	68,1	-5,3
16:00	30.3	26,9	3,4	61.1	73,6	-12,5
17:00	30	26,8	3,2	63.5	72,3	-8,8
18:00	28.7	26	2,7	68.7	74,6	-5,9
19:00	28.7	27,3	1,4	66.4	70,6	-4,2
20:00	28	27,2	0,8	68.6	71,3	-2,7
21:00	29.5	26,9	2,6	63.1	72	-8,9
Promedio	28,6	27,0	1,6	66,1	71,2	-5,1

En la Tabla 7, el promedio de las temperaturas tomadas durante el primer día dentro de la edificación comercial fue de 28.6 °C, **sin naturación vertical y con la instalación del jardín vertical**, 27 °C, se obtuvo una diferencia de 1.6 °C en promedio y comparándolo con los valores establecidos en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (23°C a 26°C) para incomfort térmico local, aun excede en 1 °C en promedio.

Así mismo, el promedio de la humedad tomada el primer día, dentro de la edificación comercial fue de 66.1 % (Sin la instalación naturación Vertical) y con la instalación de la naturación vertical, 71.2 %. Se obtuvo una diferencia de 5.1 % y comparándolo con los valores establecidos en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, incomfort térmico local (30 % a 70 %.), aun excede en 1.2 % en promedio.

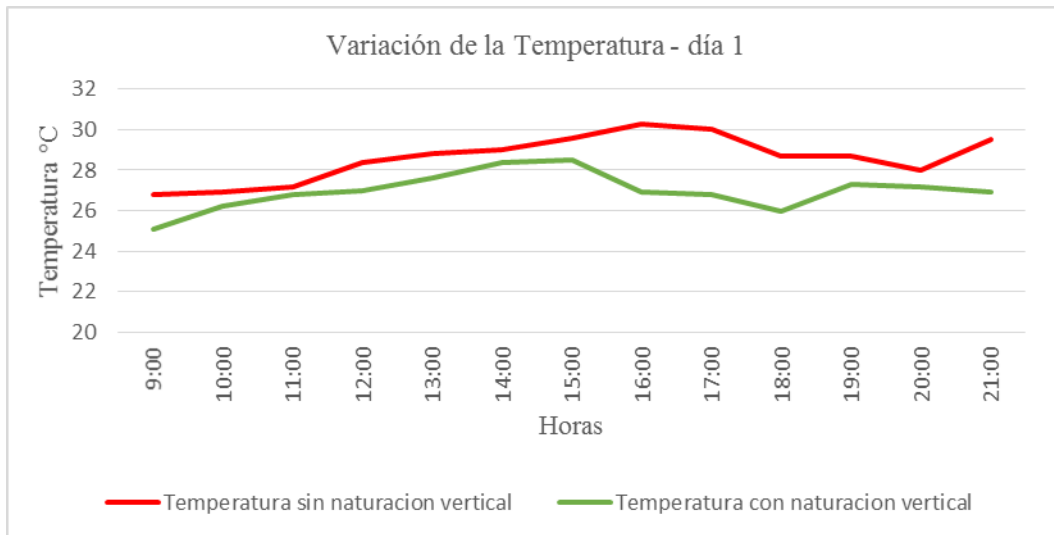


Figura 44. Variación y comportamiento de la Temperatura - día 1

En la Figura 44, el comportamiento de las temperaturas en el área de investigación sin la instalación de la naturación vertical, muestra a partir de las 11 horas, un incremento brusco hasta las 16 horas, descendiendo este hasta las 20 horas para luego ascender durante la noche.

En el área con la **instalación del jardín vertical** se observa que, a partir de las 9 horas se logra disminuir en 1.7 °C respecto al área sin naturación vertical y a las 16 horas, se logra disminuir 3.4 °C, reduciendo en promedio durante el día en 1.6 °C.

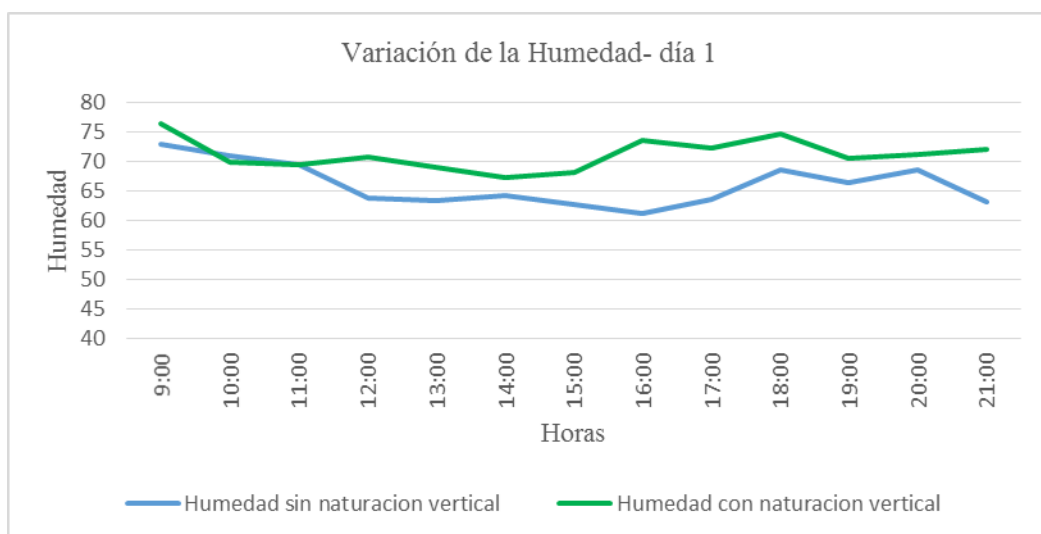


Figura 45. Variación de la Humedad - día 1

En la Figura 45, el comportamiento de la humedad en el área de investigación **sin la instalación de la naturación vertical**, muestra que a partir de las 9 horas, se observa que desciende hasta las 16 horas, para luego ascender hasta las 20 horas, disminuyendo durante la noche.

En el área **con instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 12 horas incrementa la humedad hasta un 65.7 %. Así mismo, a las 18 horas llega a alcanzar hasta un 69.6 % para luego bajar gradualmente durante la noche.

Tabla 8

Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 2

08/02/2019 Hora	Temperatura sin naturación vertical	Temperatura con naturación vertical	Variación T° (°C)	Humedad sin naturación vertical	Humedad con naturación vertical	Variación HR (%)
09:00	27.4	25,3	-0,1	72,9	76,3	5,9
10:00	27.4	25,6	0,2	71,1	76	6,3
11:00	27.6	25,6	0	69,4	77	8,2
12:00	27.8	25,6	-0,2	63,8	76,7	7,7
13:00	27.8	25,9	0,1	63,4	75,6	5,7
14:00	27.8	25,7	-0,1	64,2	75,3	5,6
15:00	27.9	26,3	0,4	62,8	73,8	4,6
16:00	27.5	26,7	1,2	61,1	71,9	1,8
17:00	28.4	26,8	0,4	63,5	71,3	4,4
18:00	28.8	26,7	-0,1	68,7	71,2	6,1
19:00	28.9	26,6	-0,3	66,4	71,5	7
20:00	28.8	26,4	-0,4	68,6	72,9	8,6
21:00	28.8	26,1	-0,7	63,1	74,7	9,3
Promedio	28,1	26,1	2,0	67,9	74,2	-6,2

En la Tabla 8, el promedio de las temperaturas tomadas durante el segundo día dentro de la edificación comercial fue de 28.1 °C **sin naturación vertical** y **con la instalación del jardín vertical**, 26.1 °C. Se obtuvo una diferencia de 2.0 °C, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (23°C a 26°C), encontramos que excede aun excede ligeramente en 0.1 °C en promedio.

Así mismo, el promedio de la humedad tomada el segundo día, dentro de la edificación comercial, sin la instalación naturación Vertical fue de 67.9 % y con la instalación de la naturación vertical, 74.2 %. Se obtuvo una diferencia de 6.3 %, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

inconfort térmico local (30 % a 70 %.), se encuentra dentro de lo establecido en las disposiciones.

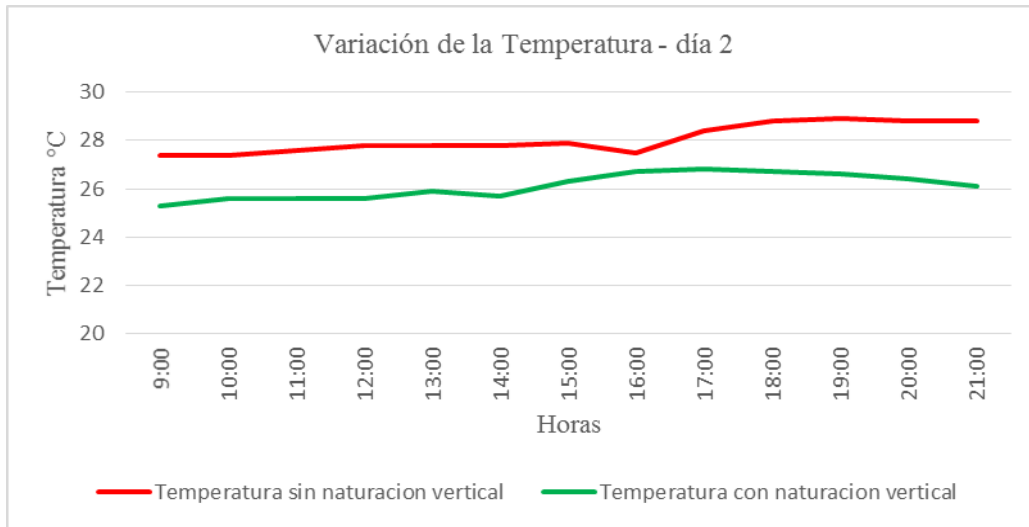


Figura 46. Variación de la Temperatura - día 2

En la Figura 46, el comportamiento de las temperaturas, en el área de investigación sin la instalación de la naturación vertical muestra que, a partir de las 10 horas, se observa un incremento leve hasta las 15 horas, descendiendo este hasta las 16 horas, para luego ascender durante la noche.

En el área con la **instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas sufre un incremento brusco hasta las 15 horas, descendiendo hasta las 18 horas, para luego bajar gradualmente durante la noche.

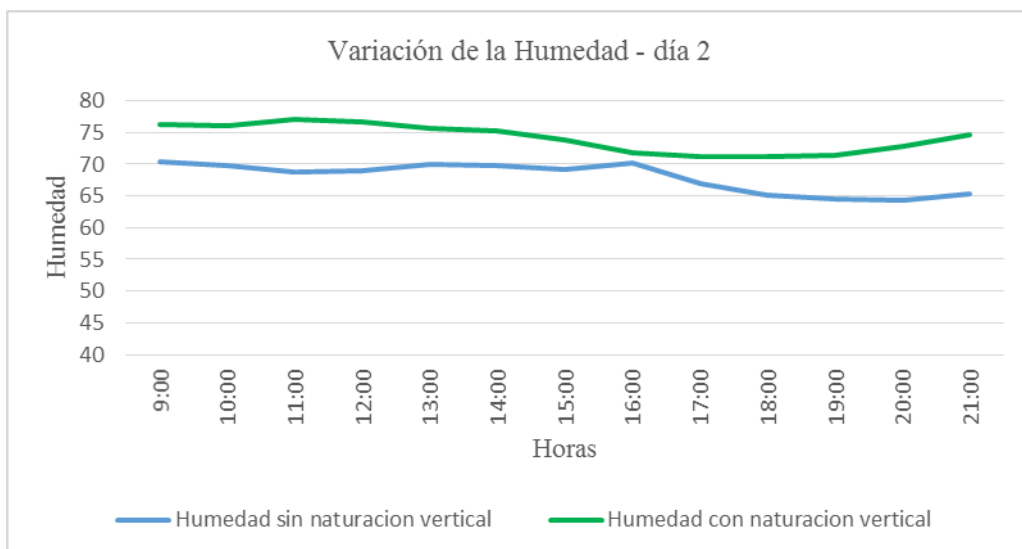


Figura 47. Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 2

En la figura 47, el comportamiento de la humedad, en el área de investigación **sin la instalación de la naturación vertical**, muestra que a partir de las 9 horas, se observa que desciende hasta las 11 horas, para luego ascender hasta las 16 horas, disminuyendo durante la noche.

En el área **con instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 12 horas incrementa la humedad hasta un 72 %, así mismo a las 18 horas llega a descender hasta un 66.2 %, para luego bajar gradualmente durante la noche.

Tabla 9

Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 3

09/02/2019 Hora	Temperatura sin naturación vertical	Temperatura con naturación vertical	Variación T° (°C)	Humedad sin naturación vertical	Humedad con naturación vertical	Variación HR (%)
09:00	26.1	24,2	0,1	71.9	77,6	5,7
10:00	26.1	24,4	0,3	72.2	76,4	4,2
11:00	26.2	24,9	0,7	70.8	74,7	3,9
12:00	26.5	25,5	1	69.4	71,2	1,8
13:00	26.9	26,3	1,4	67.9	70	2,1
14:00	27.4	27,3	1,9	64.3	67,5	3,2
15:00	28.4	26,6	0,2	62.9	68,7	5,8
16:00	29.3	26	-1,3	60.6	71,5	10,9
17:00	28	25	-1	64.9	72,3	7,4
18:00	27.9	24,7	-1,2	65.6	72,9	7,3
19:00	26.8	24,7	-0,1	66.7	73,9	7,2
20:00	26.7	25,7	1	66.5	70,7	4,2
21:00	26.8	25,7	0,9	66.9	70,4	3,5
Promedio	27,2	25,5	1,70	67,0	72,1	-5,2

Fuente: elaboración propia

En la tabla 9, el promedio de las temperaturas tomadas durante el tercer día dentro de la edificación comercial fue de 27.2 °C **sin naturación vertical** y **con la instalación de la naturación vertical**, 25.5 °C. Se obtuvo una diferencia de 2.3 °C, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (23°C a 26°C), se encuentra dentro de lo establecido.

Así mismo, el promedio de la humedad relativa tomada el tercer día dentro de la edificación comercial, sin la instalación naturación Vertical fue de 67 % y con la instalación de la naturación vertical, 72.1 %. Se obtuvo una diferencia de 5.1 %, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y

salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (30 % a 70 %.), se encuentra 2,1% fuera de lo establecido.

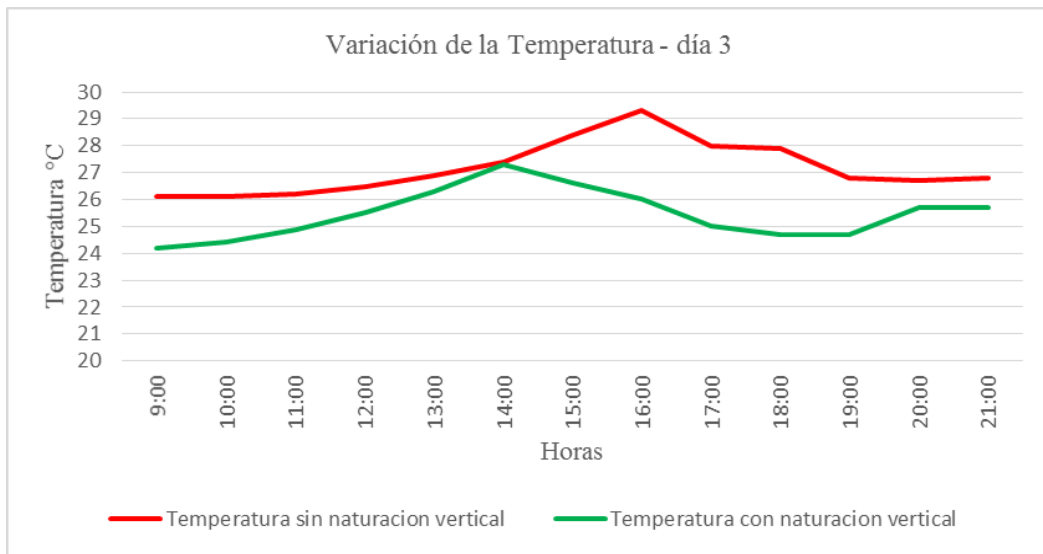


Figura 48. Variación de la Temperatura - día 3

En la Figura 48, el comportamiento de las temperaturas, en el área de investigación sin la instalación de la naturación vertical, muestra que a partir de las 9 horas, se observa un incremento brusco hasta las 16 horas, descendiendo este hasta las 19 horas, para luego mantenerse estable durante la noche.

En el área con la **instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas sufre un incremento brusco hasta las 14 horas, descendiendo hasta las 19 horas, para luego bajar gradualmente durante la noche.

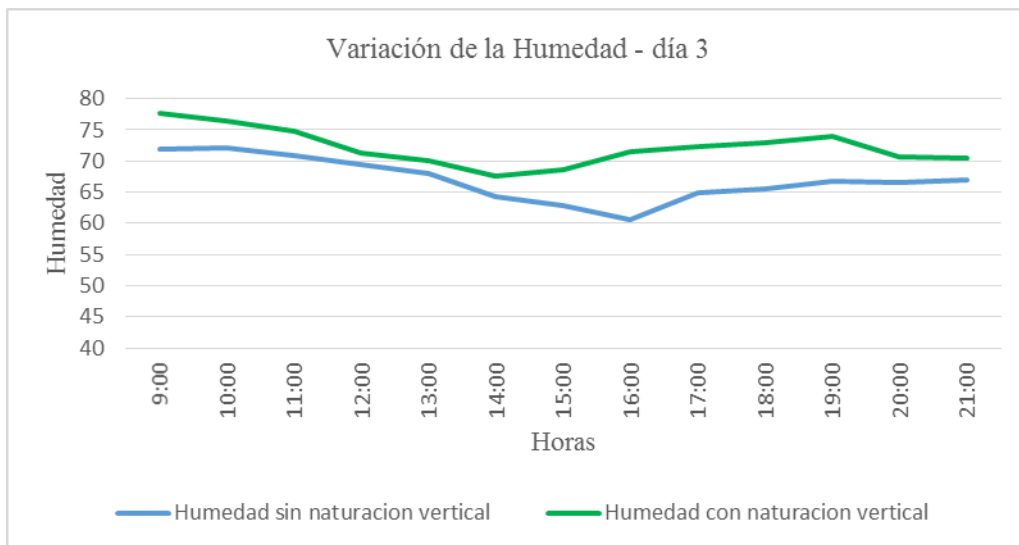


Figura 49. Variación de la Humedad - día 3

En la Figura 49, el comportamiento de la humedad, en el área de investigación **sin la instalación de la naturación vertical**, muestra que a partir de las 9 horas, se observa que desciende hasta las 16 horas, para luego ascender durante la noche.

En el área **con instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas disminuye la humedad hasta un 62.5 %, así mismo a las 19 horas llega a descender hasta un 68.9 %, para luego bajar gradualmente durante la noche.

Tabla 10

Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 4

10/02/2019 Hora	Temperatura sin naturación vertical	Temperatura con naturación vertical	Variación T° (°C)	Humedad sin naturación vertical	Humedad con naturación vertical	Variación HR (%)
09:00	26.7	24,9	0,2	67.7	75,7	8
10:00	26.8	25,4	0,6	68	74,2	6,2
11:00	27	26,1	1,1	68.7	72,4	3,7
12:00	27.4	26,8	1,4	67.7	69,6	1,9
13:00	28.1	27,4	1,3	66	66,7	0,7
14:00	28.7	28	1,3	63.3	67,5	4,2
15:00	29.3	28,5	1,2	60.3	67	6,7
16:00	29.8	28,7	0,9	61.4	67,4	6
17:00	30.3	28,7	0,4	60.9	67,2	6,3
18:00	30.6	28,5	-0,1	61.3	67,6	6,3
19:00	30.6	28,1	-0,5	61.2	68,2	7
20:00	30.5	27,9	-0,6	61.3	69,1	7,8
21:00	30.2	27,5	-0,7	61.9	70,2	8,3
Promedio	28,9	27,4	1,5	63,8	69,4	-5,6

En la Tabla 10 el promedio de las temperaturas tomadas durante el cuarto día, dentro de la edificación comercial fue de 28.9 °C (**sin naturación vertical**) y **con la instalación de la naturación vertical**, 27.4 °C. Se obtuvo una diferencia de 2.5 °C, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (23°C a 26°C), encontramos que excede en 1.4 °C en promedio.

Así mismo, el promedio de la humedad tomada el día 4, dentro de la edificación comercial fue de 63.8 % (Sin la instalación naturación Vertical), y con la instalación de la naturación vertical, 69.4 %. Se obtuvo una diferencia de 5.6 %, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (30 % a 70 %.), se encuentra dentro de lo establecido en las disposiciones.

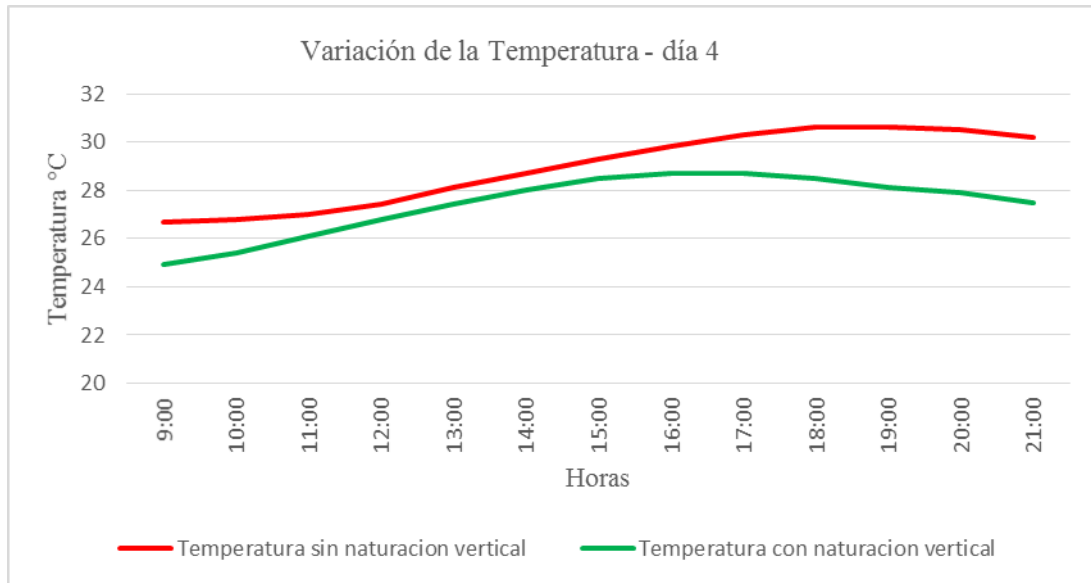


Figura 50. Variación de la Temperatura - día 4

En la Figura 50, el comportamiento de las temperaturas, en el área de investigación sin la instalación de la naturación vertical, muestra que a partir de las 9 horas, se observa un incremento brusco hasta las 18 horas, para luego bajar gradualmente durante la noche.

En el área con la **instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas sufre un incremento brusco hasta las 17 horas, para luego descender durante la noche.

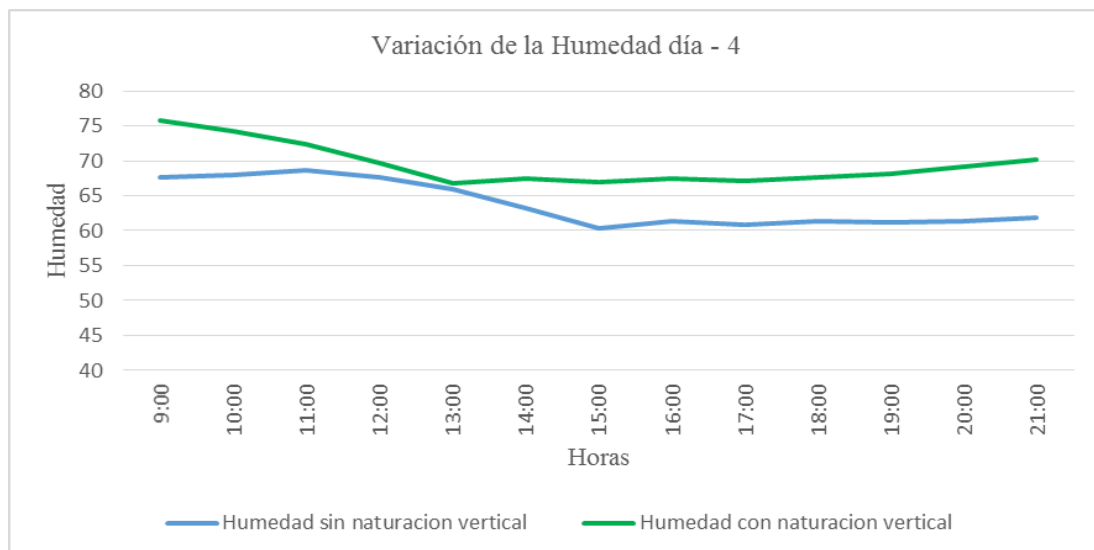


Figura 51. Variación de la Humedad - día

En la Figura 51, el comportamiento de la humedad, en el área de investigación **sin la instalación de la naturación vertical**, muestra que a partir de las 9 horas, se observa

que asciende levemente hasta las 11 horas, para luego descender hasta las 15 horas y mantenerse estable durante la noche.

En el área **con instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas disminuye la humedad hasta un 60.3 %, a partir de las 14 horas se mantiene estable la humedad hasta la noche.

Tabla 11

Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 5

11/02/2019 Hora	Temperatura sin naturación vertical	Temperatura con naturación vertical	Variación T° (°C)	Humedad sin naturación vertical	Humedad con naturación vertical	Variación HR (%)
09:00	27.4	25,3	0,1	69.5	76,8	7,3
10:00	27.3	25,4	-0,1	70.3	76,1	5,8
11:00	27.4	25,8	-0,4	69.7	74,3	4,6
12:00	27.5	26	-0,5	69.9	75,2	5,3
13:00	27.3	26,5	-1,2	69.2	73,3	4,1
14:00	27.7	26,3	-0,6	69.7	75,8	6,1
15:00	28.6	27	-0,4	66.8	74	7,2
16:00	29.9	27,2	0,7	67.6	71,9	4,3
17:00	28.9	26,4	0,5	66.4	74,1	7,7
18:00	29.3	27,1	0,2	65.3	71,9	6,6
19:00	28.1	26,9	-0,8	68.8	71,4	2,6
20:00	29.1	26,7	0,4	65.2	72	6,8
21:00	29.2	26,5	0,7	64.8	73,7	8,9
Promedio	28,3	26,4	1,9	67,9	73,9	-5,9

En la Tabla 11, el promedio de las temperaturas tomadas durante el quinto día, dentro de la edificación comercial fue de 28.3 °C (**sin naturación vertical**) y **con la instalación de la naturación vertical**, 26.4 °C. Se obtuvo una diferencia de 2.1 °C, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (23°C a 26°C), encontramos que aun excede en 0.4 °C en promedio.

Así mismo, el promedio de la humedad tomada el quinto día dentro de la edificación comercial fue de 67.9 % (Sin la instalación naturación Vertical), y con la instalación de la naturación vertical, 73.9 %. Se obtuvo una diferencia de 6.0 %, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (30 % a 70 %.), aun excede en 3.9 % en promedio.

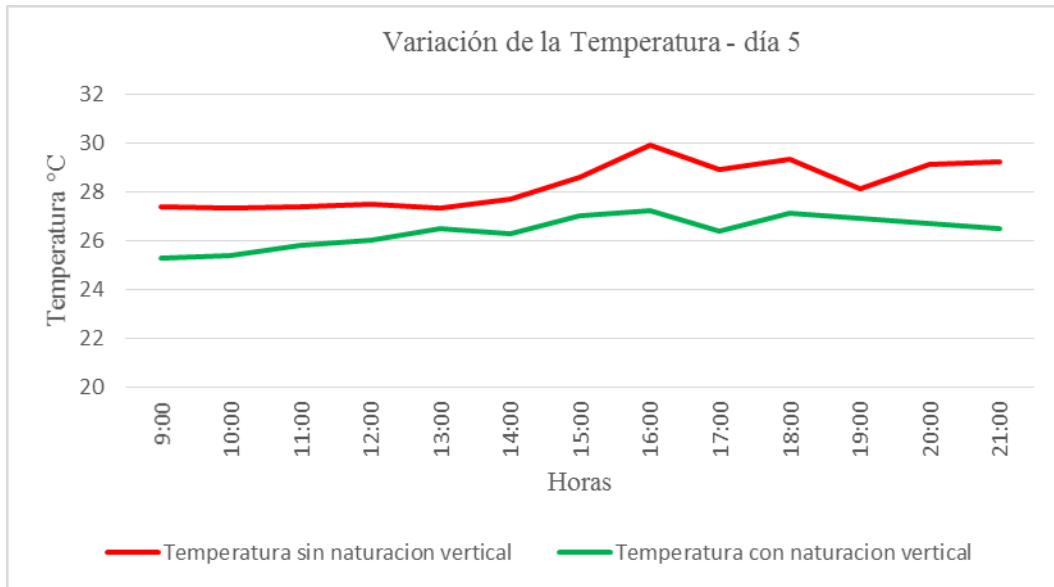


Figura 52. Variación de la Temperatura - día 5

En la Figura 52, el comportamiento de las temperaturas, en el área de investigación sin la instalación de la naturación vertical, muestra que a partir de las 9 horas, se observa un incremento brusco hasta las 16 horas, descendiendo este hasta las 19 horas, para luego mantenerse estable durante la noche. En el área con la **instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas sufre un incremento hasta las 16 horas, descendiendo hasta las 17 horas, para luego ascender hasta las 18 horas y bajar gradualmente durante la noche.

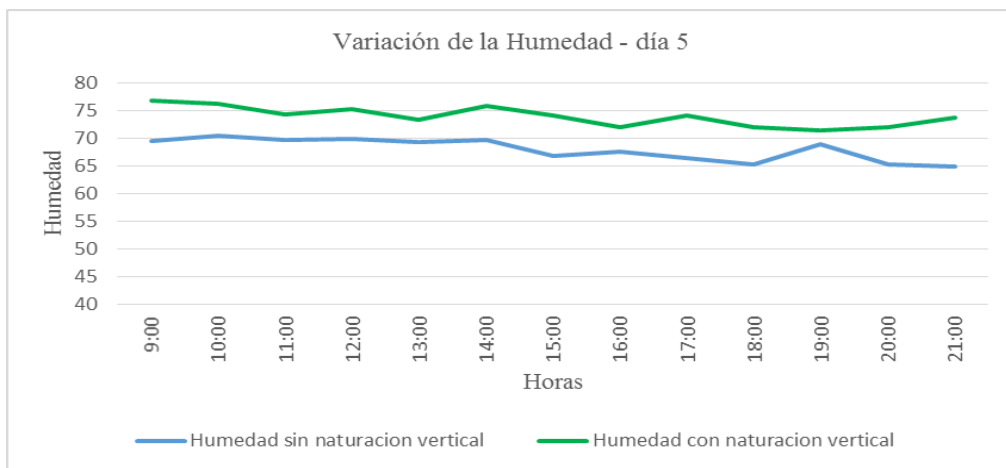


Figura 53. Variación de la Humedad - día 5

En la Figura 53, el comportamiento de la humedad, en el área de investigación **sin la instalación de la naturación vertical**, muestra que a partir de las 9 horas, se observa

que desciende hasta las 18 horas, para luego descender hasta las 19 horas y disminuir durante la noche.

En el área **con instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas asciende la humedad hasta un 70.8 %, para luego descender hasta 66.4 % y ascender gradualmente durante la noche.

Tabla 12

Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 6

12/02/2019 Hora	Temperatura sin naturación vertical	Temperatura con naturación vertical	Variación T° (°C)	Humedad sin naturación vertical	Humedad con naturación vertical	Variación HR (%)
09:00	27.1	25,1	0	71.4	78,8	7,4
10:00	27.2	25,4	-0,2	72.1	78,1	6
11:00	27.3	26	-0,7	71.6	75,6	4
12:00	27.5	26,5	-1	71.6	73,4	1,8
13:00	29	27,2	-0,2	65	71,8	6,8
14:00	28.3	26,3	0	67.8	75,1	7,3
15:00	29	26	1	65.5	78,1	12,6
16:00	28.3	25,7	0,6	68.9	78,5	9,6
17:00	28	25,6	0,4	72	78,6	6,6
18:00	27.7	25,3	0,4	72.2	80,4	8,2
19:00	27.6	25,1	0,5	72.2	81,2	9
20:00	27	25,9	-0,9	75.2	78,3	3,1
21:00	26.7	26	-1,3	76.3	78,8	2,5
Promedio	27,7	25,9	1,9	70,9	77,4	-6,5

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 12, el promedio de las temperaturas tomadas durante el sexto día dentro de la edificación comercial fue de 27.7 °C (**sin naturación vertical**) y **con la instalación de la naturación vertical**, 25.9 °C. Se obtuvo una diferencia de 2.2 °C, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (23°C a 26°C), encontrándose dentro del promedio.

Así mismo, el promedio de la humedad tomada el sexto día dentro de la edificación comercial fue de 70.9 % (Sin la instalación naturación Vertical) y con la instalación de la naturación vertical, 77.4 %. Se obtuvo una diferencia de 5.5 %, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los

lugares de trabajo incomfort térmico local (30 % a 70 %.), aun excede en 7.9 % en promedio.

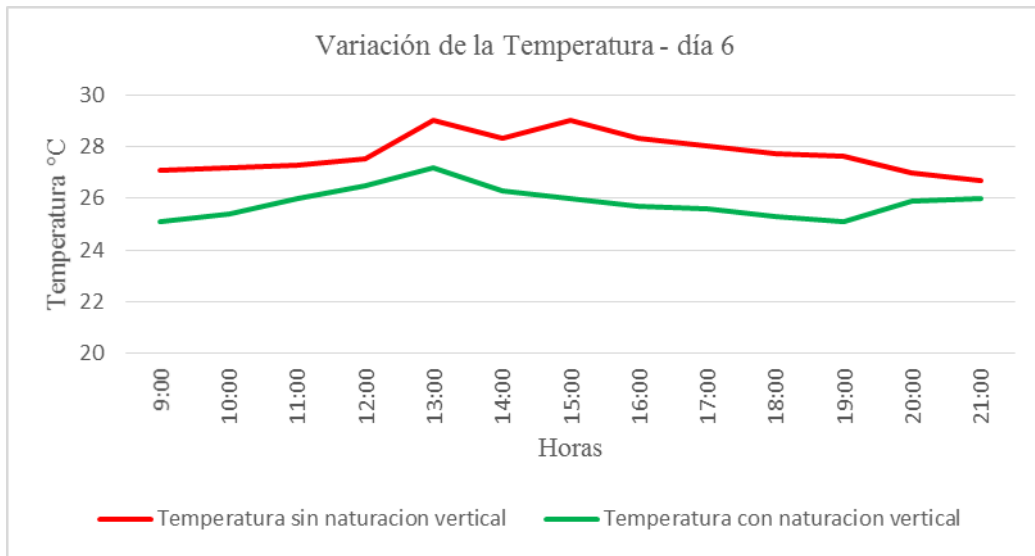


Figura 54. Variación de la Temperatura - día 6

En la Figura 54, el comportamiento de las temperaturas, en el área de investigación sin la instalación de la naturación vertical, muestra que a partir de las 9 horas, se observa un incremento hasta las 13 horas, para luego descender durante la noche.

En el área con la **instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas sufre un incremento brusco hasta las 13 horas, descendiendo hasta las 19 horas y descender levemente durante la noche.

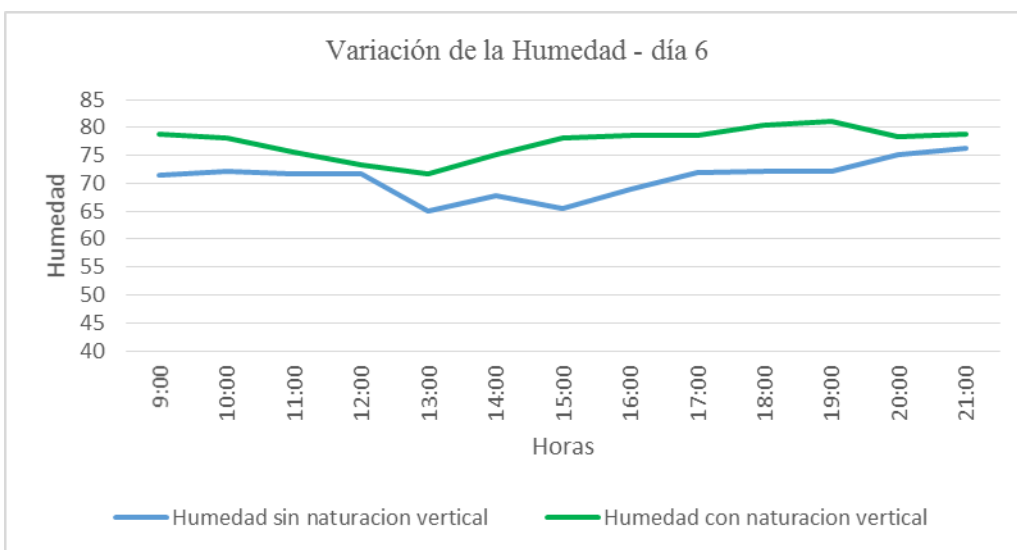


Figura 55. Variación de la Humedad - día 6

En la Figura 55, el comportamiento de la humedad en el área de investigación **sin la instalación de la naturación vertical**, muestra que a partir de las 9 horas, se observa que desciende hasta las 13 horas, para luego ascender a lo largo del día.

En el área **con instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas desciende la humedad hasta un 66.8 %, para luego descender hasta 76.2 % y bajar gradualmente durante la noche.

Tabla 13

Resultados de la variación de temperatura y humedad - día 7

13/02/2019 Hora	Temperatura sin naturación vertical	Temperatura con naturación vertical	Variación T° (°C)	Humedad sin naturación vertical	Humedad con naturación vertical	Variación HR (%)
09:00	26.5	24,8	-0,3	74	79,4	5,4
10:00	26.6	25,2	-0,6	73.6	78	4,4
11:00	26.8	25,6	-0,8	72.3	76	3,7
12:00	27.2	26	-0,8	70.8	75,2	4,4
13:00	27.5	26,3	-0,8	69.9	73,5	3,6
14:00	28	26,4	-0,4	69	73	4
15:00	28.4	25,8	0,6	67.2	73,8	6,6
16:00	27.8	27	-1,2	67.6	72,2	4,6
17:00	27.6	27,3	-1,7	69.3	70,2	0,9
18:00	29.2	27	0,2	64.9	70,5	5,6
19:00	29.4	26,7	0,7	63.3	71	7,7
20:00	29.1	26,6	0,5	63.6	71,3	7,7
21:00	28.8	26,2	0,6	64.2	71,3	7,1
Promedio	27,9	26,2	1,7	68,4	73,5	-5,1

En la Tabla 13 el promedio de las temperaturas tomadas durante el séptimo día dentro de la edificación comercial fue de 27.9 °C (**sin naturación vertical**) y **con la instalación de la naturación vertical**, 26.2 °C. Se obtuvo una diferencia de 2.3 °C, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (23°C a 26°C), aún excede en 0.2 °C en promedio.

Así mismo, el promedio de la humedad tomada el séptimo día dentro de la edificación comercial fue de 68.4 % (Sin la instalación naturación Vertical) y con la instalación de la naturación vertical, 73.5 %. Se obtuvo una diferencia de 5.1 %,

comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (30 % a 70 %.), aun excede en 3.5 % en promedio.

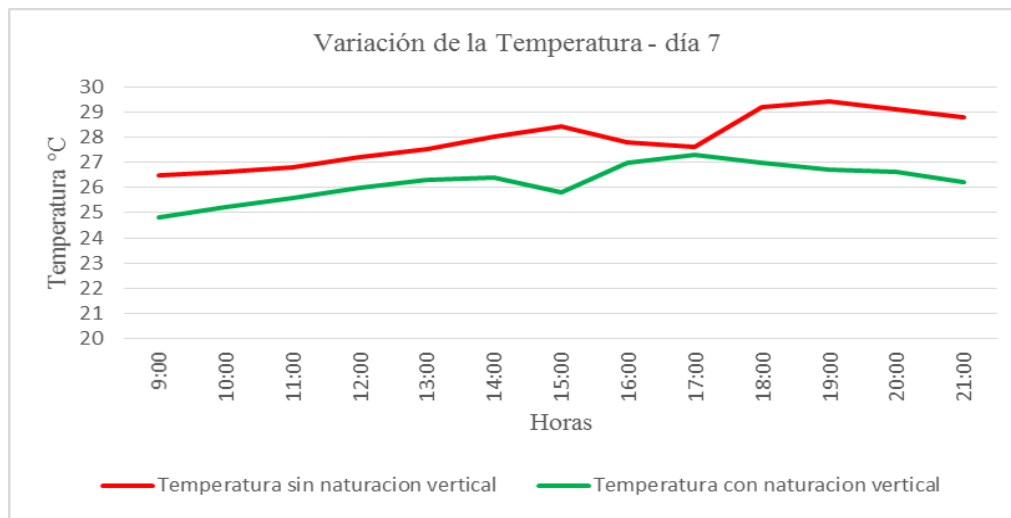


Figura 56. Variación de la Temperatura - día 7

En la Figura 56, el comportamiento de las temperaturas, en el área de investigación sin la instalación de la naturación vertical, muestra que a partir de las 9 horas, se observa un incremento hasta las 15 horas, para luego descender hasta las 17 horas y ascender durante la noche.

En el área con la **instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas sufre un incremento brusco hasta las 14 horas, descendiendo hasta las 15 horas y ascender durante la noche.

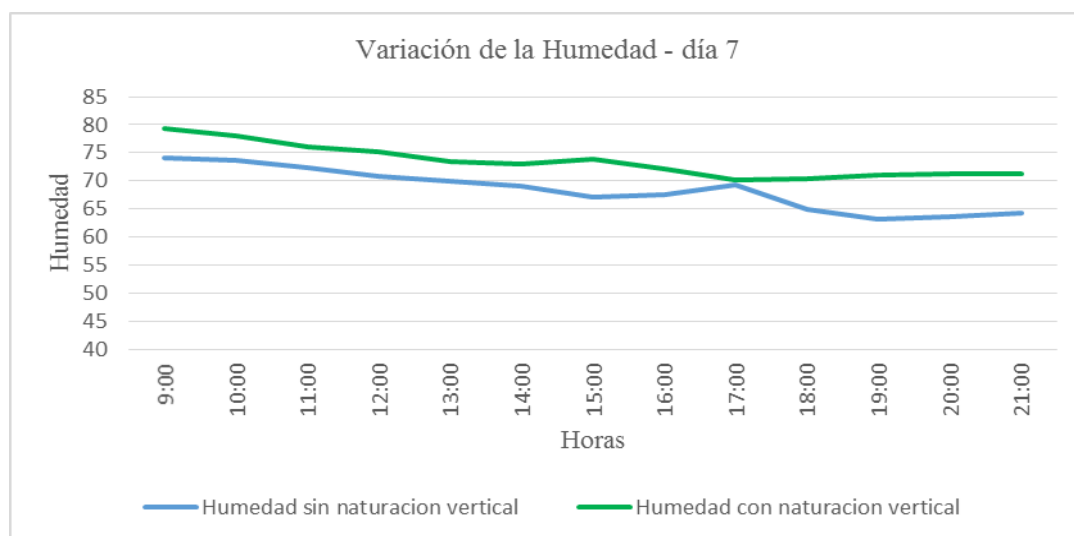


Figura 57. Variación de la Humedad - día 7

En la Figura 57, el comportamiento de la humedad, en el área de investigación **sin la instalación de la naturación vertical**, muestra que, a partir de las 9 horas, se observa que desciende hasta las 15 horas, para luego ascender hasta las 17 horas y luego disminuir durante la noche.

En el área **con instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas desciende la humedad hasta un 65.2 %, para luego ascender gradualmente durante la noche.

Tabla 14

Resultados de la variación de temperatura con y sin proyecto del día 8

14/02/2019 Hora	Temperatura sin naturación vertical	Temperatura con naturación vertical	Variación T° (°C)	Humedad sin naturación vertical	Humedad con naturación vertical	Variación HR (%)
09:00	26.4	24,9	-0,5	72.2	77,5	5,3
10:00	26.6	25,3	-0,7	71.8	76,4	4,6
11:00	27	25,5	-0,5	70.6	75,1	4,5
12:00	27.3	26,3	-1	69.4	73,1	3,7
13:00	27.6	27,1	-1,5	68.5	69,8	1,3
14:00	28.4	26,8	-0,4	66.1	69,8	3,7
15:00	29.2	25,8	1,4	63.3	72,9	9,6
16:00	29.1	25,5	1,6	62.5	74,7	12,2
17:00	28.2	25	1,2	65.7	76,5	10,8
18:00	27.6	26,3	-0,7	68.2	73,6	5,4
19:00	26.8	26,6	-1,8	71.3	72,9	1,6
20:00	28.3	26,6	-0,3	66.7	72,5	5,8
21:00	28.7	26,3	0,4	66.2	72	5,8
Promedio	27,8	26	1,8	67,9	73,6	-5,7

En la Tabla 14, el promedio de las temperaturas tomadas durante el octavo día dentro de la edificación comercial fue de 27.8 °C (**sin naturación vertical**) y **con la instalación de la naturación vertical**, 26 °C. Se obtuvo una diferencia de 2.2 °C, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (23°C a 26°C), se encuentra dentro del promedio. Así mismo, el promedio de la humedad tomada el octavo día dentro de la edificación comercial fue de 67.9 % (Sin la instalación naturación Vertical) y con la instalación de la naturación vertical, 73.6 %. Se obtuvo una diferencia de 5.7 %, comparándolo según lo establecido en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incomfort térmico local (30 % a 70 %.), aun excede 3.6 % en promedio.

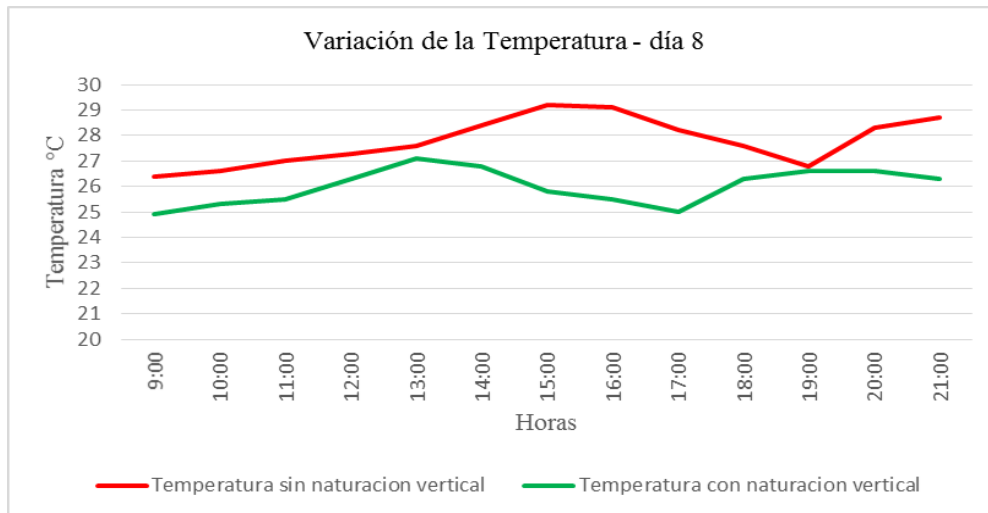


Figura 58. Variación de la Temperatura - día 8

En la Figura 58, el comportamiento de las temperaturas, en el área de investigación sin la instalación de la naturación vertical, muestra que a partir de las 9 horas, se observa un incremento brusco hasta las 15 horas, para luego descender hasta las 19 horas y ascender durante la noche.

En el área con la **instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas sufre un incremento hasta las 13 horas, descendiendo hasta las 17 horas y bajar gradualmente durante la noche.

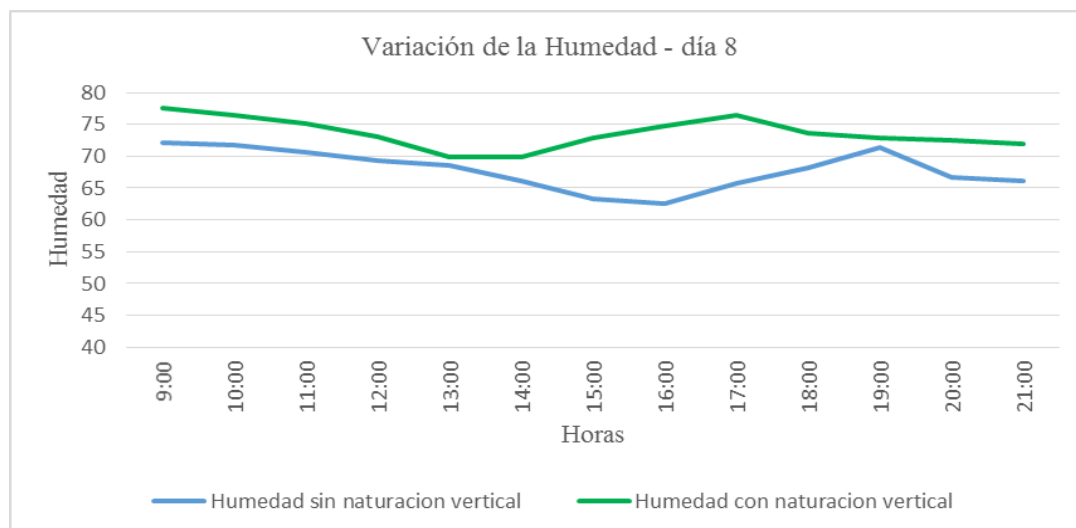


Figura 59. Variación de la Humedad - día 8

En la Figura 59, el comportamiento de la humedad, en el área de investigación **sin la instalación de la naturación vertical**, muestra que a partir de las 9 horas, se observa

que desciende hasta las 16 horas, para luego ascender hasta las 19 horas y luego desciende durante la noche.

En el área **con instalación de la naturación vertical**, se observa que a partir de las 9 horas desciende la humedad hasta un 64.8 %, para luego ascender hasta las 17 horas y luego bajar gradualmente durante la noche.

4.4. Análisis del costo beneficio del proyecto.

Para obtener la relación costo-beneficio (B/C) del proyecto “Naturación vertical”, (índice neto de rentabilidad), se ha dividido el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) del proyecto.

Análisis costo-beneficio

$$\mathbf{B/C = VAI / VAC}$$

Según el análisis costo-beneficio, un proyecto o negocio será rentable cuando la relación costo-beneficio es mayor que la unidad.

$$B/C > 1 \rightarrow \text{el proyecto es rentable}$$

Proyección de ingresos del proyecto

El naturación vertical como producto, se venderá en paneles de 1m², a un costo de 150.00 soles por cada metro cuadrado, se ha proyectado vender en un año 300 m², la proyección de los costos de inversión, se detallan en un flujo de caja (ver tabla 15), para obtener los beneficios netos del proyecto, en un periodo de tiempo determinado.

$$150.00 \text{ soles} \times 300 \text{ m}^2 = 45\,000.00 \text{ soles/año}$$

Proyección de los costos de inversión

En la tabla x se presenta los costos de inversión y los egresos totales con proyección en un periodo de 6 años.

Tabla 1.

Flujo de Caja Económico

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año5	Año 6
Ingresos S/.							
Ventas	0.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00
Total de Ingresos S/.	0.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00
Egresos							
Inversión Inicial	55,100.00						
Equipamiento del Lab. de cubiertas vegetales	15,000.00						
Estudio de mercado especializado	5,000.00						
Estudios de expediente Técnico	20,100.00						
Acondicionamiento e Infraestructura	15,000.00						
Materiales para elaboración de Paneles	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00	9,000.00
Sueldos al personal	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00
Alquiler del establecimiento	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Gastos administrativos	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Impuestos	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
Total de Egresos S/.	79,900.00	24,800.00	24,800.00	24,800.00	24,800.00	24,800.00	24,800.00
Flujo de caja S/.	-79,900.00	20,200.00	20,200.00	20,200.00	20,200.00	20,200.00	20,200.00

Fuente: Elaboración propia

Datos para el análisis B/C:

Empresa inversionista : ENVIRO EVOLUTION EIRL

Proyección del periodo : 6 años

Ingresos al finalizar los 6 años : 270,000.00

Tasa de rentabilidad anual : 10%

Inversión en el mismo periodo : 228,700.00

Tasa de interés anual : 12%

Hallando B/C:

$$B/C = VAI / VAC$$

$$B/C = (270,000.00 / (1 + 0.10)^2) / (228,700.00 / (1 + 0.12)^2)$$

$$B/C = 223\,140.49 / 182\,960.00$$

$$B/C = 1.22$$

Análisis de resultados

- La relación costo-beneficio es mayor que 1, podemos afirmar que la empresa será siendo rentable en los próximos 6 años.
- Interpretando los resultados, podemos decir que por cada sol que invertimos en la empresa, obtenemos 0.22 soles.

Análisis económico del flujo de caja del proyecto.

El valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), analizados para el proyecto, considerando una tasa de interés de 10%, resulto de la siguiente manera:

La tasa interna de retorno (TIR) obtenida, para un periodo de 10 años es positivo (22%), lo cual indica que el proyecto podría generar ganancias, considerando las ventas totales del proyecto.

La recuperación del capital está proyectada en un horizonte de 2 a 3 años aproximadamente, lo cual sería rentable.

El valor actual neto (VAN) obtenido, agrega valor económico por haber resultado positivo, evaluando un horizonte de 10 años.

La inversión inicial es rentable después de un horizonte de 2 años (ver Anexo 9).

V. Discusión de resultados

A diferencia de la investigación realizada por Salazar, en el año 2017 “Diseño de jardines verticales en el interior de viviendas y la calidad de vida de los habitantes de la parroquia La Merced, Ambato - Ecuador” que tuvo como objetivo, plantear un diseño de jardines verticales en el interior de la vivienda, como alternativa para mejorar la calidad de vida de los habitantes, mediante los múltiples beneficios que ofrece un espacio con vegetación, además de incorporar nuevos conceptos de construcción, acoplados con las necesidades actuales de conservación del medio ambiente. El tipo de investigación que se llevó a cabo fue descriptivo-exploratorio pues, indaga en las características de un grupo y contexto particular y estudia un tema poco explorado en nuestro entorno, el método investigación empleado, fue Inductivo-Deductivo por el análisis estadístico. Los resultados obtenidos convergen en la tendencia de los habitantes de “La Merced”, a poseer plantas en sus hogares en un 65.6%, además de aseverar que existen condiciones de entorno hostiles, para el desarrollo del bienestar integral, siendo el factor dominante el ruido en un 42%, concluyendo, se definió el jardín vertical hidropónico, ya que es un tipo, que funciona en un espacio interior, su instalación debe estar sujeta a criterios como: ubicación, cercano a una fuente de iluminación, análisis de las corrientes de aire, análisis de riego, análisis de las plantas a emplearse, el mantenimiento, la estructura, y el tamaño del jardín, con la finalidad de obtener todos los beneficios, tanto para los individuos que habitan el espacio, como para el entorno.

En la presente investigación comparamos de manera experimental dos ambientes con similares características dentro la edificación comercial, instalando en una de ellas la naturación vertical (jardín vertical) y evaluando parámetros de confort térmico para mejorar las condiciones ambientales dentro de la actividad laboral de los usuarios y trabajadores, así mismo analizamos el costo beneficio como proyecto ecológico.

VI. Conclusiones

EL jardín vertical desarrollado, para interiores de edificaciones comerciales, se adaptó a los ambientes experimentales, por su diseño hidrosustrato, de fácil manejo y mantenimiento con un sistema de riego por goteo, lo cual puede ser replicado para lugares con similares características.

Las condiciones ambientales del confort térmico dentro de la edificación comercial investigada, no cumplen con las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, ya que exceden en la temperatura, humedad y cuentan con escasos flujos del viento.

La naturación vertical piloto instalada dentro de la edificación comercial; incide favorablemente en el confort térmico, logrando reducir entre 2 a 3 °C de temperatura e incrementar entre un 5 a 6 % de humedad relativa.

El costo beneficio del proyecto, mediante proyecciones financieras, resultó mayor a uno (1,22), lo que quiere decir que por cada sol que invertimos, obtenemos 0.22 soles a favor.

VII. Recomendaciones

Realizar ensayos experimentales con el jardín vertical sobre el confort térmico en interiores de edificaciones, con diferentes especies, sustratos y considerando las cuatro estaciones del año.

Incrementar el diámetro de las cestas y porta cestas, para experimentar con especies de raises más amplias.

Evaluar la incidencia de los jardines verticales utilizando estructuras de material blanco.

El mantenimiento de la naturación vertical instalada, debe estar a cargo de la empresa proveedora del producto.

Realizar el análisis económico utilizando el ROI (Retorno de la Inversión).

Utilizar cámaras termográficas para tener una referencia instantánea de la variación de la temperatura dentro del área experimental.

Elaborar una norma técnica para la instalación de jardines verticales en los interiores de las edificaciones comerciales de Lima Metropolitana.

VIII. Referencias

- Alpi, A. (1999). *Cultivo en invernadero*. Madrid, España: Mundi - Prensa.
- Astudillo, F. (2009). *Los materiales de construcción y su aporte al mejoramiento del confort térmico en viviendas periféricas de la ciudad de Loja*, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
- Behrens, R. (2013). *Análisis de desempeño térmico y lumínico en edificios de oficina a partir del monitoreo experimental* (Doctoral dissertation, Universidad Internacional de Andalucía).
- Bravo, M. & De la Torre, J. (2014). *Confort Térmico en los Espacios Públicos Urbanos, Clima cálido y frío semi-seco*. HS, 4(2), 52–63.
- Briz, J., & De Felipe, I. (2004). Naturación urbana. *Construcción y medioambiente*, 120, 12-19.
- Bunge, M. (1985). *Seudociencia e ideología*. Alianza Editorial, México,
- Cardoza R. (2015). *Proyecto de diseño de las nuevas instalaciones de la alcaldía municipal de Chinameca, departamento de San Miguel*. San Miguel, El Salvador.
- Castillo F. (2014). *Hidrosiembra para la naturación vertical de zonas urbanas, Tesis Doctoral de la Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Cabrera, M., & Salazar, W. (2016). *Construcción experimental de jardines verticales y su relación con el confort termohigrométrico en ambientes cerrados*. Industrial Data, 19(2).
- Clavo, O. (02 de febrero de 2013). El Análisis Costo-Beneficio [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://osmerclavo.blogspot.com/2013/02/el-analisis-costo-beneficio.html>
- Condori, F. (2016). *Naturación de azotea aplicando Aptenia Cordifolia y su efecto sobre la temperatura y humedad relativa, en un sistema piloto*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

- Córdova, F., & López, E. (2013). *Evaluación Tecnológica de dispositivos integrados de naturación y captación pluvial en la vivienda de México*. *Arquitectura y Urbanismo*, 34 (1), 48-63.
- Corbella, O. & Yannas, S. (2003). *Em busca de uma arquitetura Sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro, Brasil: Revan.
- Daures, J., (2011). "*Architecture végétale*". France, Eyrolles: pp 24
- Duncan, W. (1996). *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBPK Guide)*. Recuperado de <http://www2.fiit.stuba.sk/~bielik/courses/msi-slov/reporty/pmbok.pdf>
- Eadic (2012). *Cuaderno de Formación, Arquitectura Bioclimática*.
- Enciclopedia Médica. MedlinePlus (2006). Metabolismo.
- Environmental Protection Agency. (s.f.). *A comparison of indoor and outdoor concentrations of hazardous air pollutants. Inside IAQ*. EPA's Indoor Air Quality Research Update. EPA/600/N-98/002 Spring/Summer: 1-7. (17)
- Franchi, M., Carrer, P., Kotzias, D., Rameckers, E., Seppänen, O., Van Bronswijk, J. & Valovirta, E. (2006). *Working towards healthy air in dwellings in Europe*. *Allergy*; Jul; 61 (7): 864-868. (16)
- Gálvez, M. (2016). *Manual para el diseño y planificación de jardines de edificaciones para el municipio de Quetzaltenango, Guatemala*
- García, F (2010). La tecnología su conceptualización y algunas reflexiones con respecto a sus efectos. *Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación*. Volumen 2 (1), 16 – 17. Recuperado de <http://www.ammci.org.mx/revista/pdf/Numero2/2art.pdf>
- García, F., et. al (2012). *Caracterización del régimen bioclimático medio del área metropolitana de Madrid, mediante la aplicación de la temperatura fisiológica (PET)*. *Territoris*, 8(1), 83–101.
- García, V. (2012). *Guía práctica para la evaluación de proyectos*. Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

- Guardino, X. (2003). *Calidad del Aire Interior*. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.
- Heredia, C. (2012). *Infraestructura verde: un espacio para la innovación de la cubierta vegetal* (Doctoral dissertation, Arquitectura_Tecnica).
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2015). *Calidad de ambiente interior en oficinas; identificación, análisis y priorización de actuación frente al riesgo*.
- Layrargues, P. (2000). *Sistemas de gerenciamiento ambiental, tecnología limpia y consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo*. Revista de Administração de empresas, 40(2), 80-88.
- Kerzner, H., & Kerzner, H. R. (2017) *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Martínez, V., & Orozco, M. (2016). *Diseño de un muro verde para el establecimiento de hortalizas orgánicas*.
- Mary, W., Arruda, J., Pimentel, L., Barros, G., Scatolin, B. & Xavier, Y. (2010). *Tecnologias alternativas de produção vegetal em telhados verdes em áreas de interesse social*. Revista Conexão UEPG, 6 (1).
- Mihalakakou, G., Santamouris, M., Lewis, J. O., & Asimakopoulos, D. N. (1997). On the application of the energy balance equation to predict ground temperature profiles. *Solar Energy*, 60(3-4), 181-190.
- Ministerio del Ambiente, (2017). *Estándar de Calidad Ambiental*. Lima, Perú.
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2012). *Plan Regional de Desarrollo Concertado de Lima (2012-2025)*.
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2012). *Red de mercados de abastos competitivos y la cadena de la gastronomía*. Recuperado de <https://transparencia.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCObservEconomico/RedObserDesPart/Mesas%20Sectoriales/Mesa%20de%20Servicios%20orientados%20a%20la%20poblaci%C3%B3n/Ficheros/Mesa%20Internacional/LIMA.pdf>

- Navarro, J. (2013). Los jardines verticales en la edificación. *Trabajo Final de Máster no publicado*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Neufert, P., Franken, C., Neff, L., & Neufert, C. (2007). *Casa-vivienda-jardín: el proyecto y las medidas en la construcción*. Editorial Gustavo Gili.
- Nieto, A. (2013). Proyectos de Ingeniería. Recuperado de <http://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=140&topic=3>
- Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). *Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces*. Energy and Buildings, 35(1), 95–101.
- Niven, R., Fletcher A., Pickering, C., Faragher, E., Potter, I., Booth, W. et al. Building sickness syndrome in healthy and unhealthy buildings: an epidemiological and environmental assessment with cluster analysis. *Occup Environ Med* 2000; Sep;57(9):627-634.
- Oliveira, S. & Andrade, H. (2007): An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. *International Journal of Biometeorology*, 52, pp. 69-84.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2007). *Formulación y empleo de perfiles de proyecto*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a1420s/a1420s00.pdf>
- Orrego, J. (16 de mayo del 2010). Historia de los centros comerciales de Lima [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/juanluisorrego/2010/05/16/historia-de-los-centros-comerciales-de-lima-2/>
- Parra, L. & Adriano, V. (2016). *Implementación de la gestión técnica, para cumplir con los requerimientos establecidos en el sistema de auditoria de riesgos del trabajo (SART) en el ministerio de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca de Chimborazo: elaboración del manual de procedimientos de la gestión técnica*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

- Peña, M. (2007). Temperatura. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/termodinamica/termodinamica.pdf>
- Pérez, L. (2011). *Cubiertas verdes en Cuba. Evaluación de prototipo experimental. Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura*. RNPS 2359. ISSN 2307-471X, 2(2), 39.
- Portilla, N., & De La Cruz, J. (2013). Los jardines verticales en la edificación.
- Real Decreto 314 (2006). *Código Técnico de la Edificación*. Documento Básico Seguridad en caso de incendio DB-SI.
- Rivera J. (2018). *Efecto de la aplicación de un jardín vertical, en la mejora de las condiciones ambientales en la I.E. Francisco Tejada Rojas, Moyobamba*.
- Rodríguez Hernández, L., & Alonzo Salomón, J. (2004). *Efecto de los factores ambientales, laborales y psicosociales, en el síndrome del edificio enfermo*. Ingeniería, 8 (2), 0.
- Rubio, M. (03 de febrero del 2015). Plan de viabilidad para un proyecto de Comercio. Recuperado de <https://www.suggerendo.com/blog/estrategia-de-e-commerce/ejemplo-de-plan-de-viabilidad-para-un-proyecto-de-ecommerce/n>
- Salazar, D. (2017). Diseño de jardines verticales en el interior de viviendas y la calidad de vida de los habitantes de la parroquia La Merced (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Diseño, Arquitectura y Artes. Carrera de Espacios Arquitectónicos.). Ambato, Ecuador.
- Serra F. & Coch, H. (2005). *Arquitectura y energía natural*, Editorial Alfa omega, D.F., México.
- Solá, X. (2012). *Calidad del aire interior*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Solana, L. (2011). *La percepción del confort. Análisis de los parámetros de diseño y ambientales mediante Ingeniería Kansei: Aplicación a la biblioteca de Ingeniería del Diseño (UPV), Universidad Técnica de Valencia, España*.

- Tandazo, J. (2015). *Implementación de un prototipo de jardín vertical para mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados (Bachelor's thesis, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2015).*
- Toledo, J. (2011). Análisis del confort térmico en el proceso de diseño arquitectónico. Aplicación software Ecotect. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Torres, L. (19 de febrero del 2009). Azoteas Verdes: Una propuesta novedosa para el D.F. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://arquitecturamodelo.blogspot.com/2009/02/azoteas-verdes-una-propuesta-novedosa.html>
- The Linde group. (2018). *The Linde Group*. Obtenido de *The Linde Group Web site*: http://www.abellolinde.es/es/products_and_supply/gases_atmospheric/index.html
- USEPA. Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (1994). *Method 18 - Measurement of Gaseous organic compound emissions by gas chromatography*. Text of Test Method 18, 40 CFR Part 60, Appendix A - VOC by GC. <http://www.epa.gov/ttn/emc/methods/method18.html>.
- Valenzuela, E. (6 de agosto de 2008). *Catedra de Gerencia de Proyectos*. Obtenido de *gerenciadeproyectos88.blogspot.pe*:<http://gerenciadeproyectos88.blogspot.pe/2008/08/gestion-de-logistica.html>.
- Vargas Marcos F, Gallego Pulgarín I. (2005). *Environmental quality: welfare, confort and health*. Rev Esp Salud Pública; Mar-Apr; 79 (2):243-251. (12)
- Vintimilla C. (2013). *Uso de materiales para jardines verticales en espacios interiores*. Azuay, Ecuador.
- Yassi, A., Kjellstrom, T., de Kok, T., Guidotti. (2002). *Salud Ambiental Básica (versión al español realizada en el INHEM)*. México DF. PNUMA.
- Zuñiga, C., & Yadibel, I. (2016). *El uso de las tecnologías verdes y sus efectos en el desempeño del sector agroindustrial en México*.

IX. Anexos

Anexo 1. Instrumentos y Materiales utilizados en la investigación



Mini estación meteorológica Kestrel 5500



Registrador de temperatura y Humedad



Materiales para la estructura de Jardín Vertical



Materiales para el sistema de riego por goteo

Anexo 2. Construcción del sistema de naturación vertical



Instalación del sistema de riego por goteo



Instalación de las especies vegetales



Panel Naturado con *Aptenia Cordifolia*

Anexo 3. Edificación Comercial “Centro Lima”



Vista lateral de la edificación Comercial Centro Lima



Patio central de la edificación Comercial Centro Lima

Anexo 4. Mediciones de las condiciones ambientales en las galerías



Mediciones de los parámetros de confort térmico al interior de la edificación comercial



Mediciones de la incidencia de la naturación vertical en el confort térmico



Mediciones de la incidencia de la naturación en los pasadizos de las galerías

Anexo 5. Diseños de Naturación vertical en Lima - Perú



Centro Empresarial Leuro – Miraflores



Parque Kennedy - Miraflores



Centro comercial OECHSLE - Miraflores

Anexo 6. Diseños de Naturación vertical en Lima - Perú

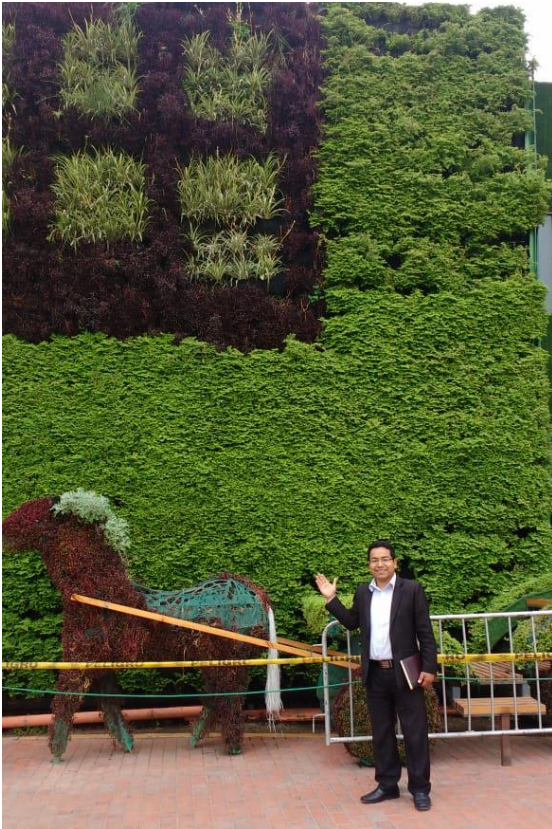


Centro Comercial Larco Mar - Miraflores



Parque la Muralla - Lima Cercado

Anexo 6. Diseños de Naturación vertical en Lima - Perú



Edificaciones con naturación vertical dentro del parque la muralla – Lima Cercado



Jardín Vertical desarrollado en la empresa ENVIRO EVOLUTION EIRL

Anexo 7. Naturación vertical interior y en fachadas



Bolsillos de geo textil para la naturación vertical



Naturación vertical en interior de oficina



Naturación vertical de fachadas, Jardín Urbano - Huachipa

Anexo 8. Tecnologías de naturación Vertical para edificaciones comerciales



Diseño de naturación vertical para el patio de comidas



Diseño de naturación vertical para mural interior



Diseño de naturación vertical para el estacionamiento vehicular

Anexo 9. Flujo de caja económico proyectado en 10 años del proyecto naturación vertical.

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año5
Ingresos						
Ventas	S/0.00	S/. 40,000.00	S/. 45,000.00	S/. 55,000.00	S/. 60,000.00	S/. 65,000.00
Total de Ingresos	S/0.00	S/. 40,000.00	S/. 45,000.00	S/. 55,000.00	S/. 60,000.00	S/. 65,000.00
Egresos						
Inversión Inicial	S/. 55,100.00					
<i>Equipamiento del Lab. de cubiertas vegetales</i>	S/. 15,000.00					
<i>Estudio de mercado especializado</i>	S/. 5,000.00					
<i>Estudios de expediente Técnico</i>	S/. 20,100.00					
<i>Acondicionamiento e Infraestructura</i>	S/. 15,000.00					
<i>Materiales para elaboración de Paneles</i>	S/. 9,000.00	S/. 9,000.00	S/. 9,000.00	S/. 9,000.00	S/. 9,000.00	S/. 9,000.00
<i>Sueldos al personal</i>	S/. 11,000.00	S/. 11,000.00	S/. 11,000.00	S/. 11,000.00	S/. 11,000.00	S/. 11,000.00
<i>Alquiler del establecimiento</i>	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
<i>Gastos administrativos</i>	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
<i>Impuestos</i>	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00
Total de Egresos	S/. 79,900.00	S/. 24,800.00	S/. 24,800.00	S/. 24,800.00	S/. 24,800.00	S/. 24,800.00
Flujo de caja	S/. -79,900.00	S/. 15,200.00	S/. 20,200.00	S/. 30,200.00	S/. 35,200.00	S/. 40,200.00

VAN S/. 22,305.21

Tasa de interés ref. 10%

TIR 19%



LEYENDA

ESCALERAS	
STAND	
AREA VERDE	
ASENSOR	
SEÑALES DE SEGURIDAD	

SEÑAL DE SALIDA	RUOTA DE EVACUACION DERECHA	RUOTA DE EVACUACION IZQUIERDA	ZONA DE SEGURIDAD EN CASO D'INCENDIO	EXTINTOR	PROHIBIDO FUMAR	PULSADOR DE ALARMA	RIESGO ELECTRICO	RUOTA DE EVACUACION DERECHA	GABINETE CONTRA INCENDIOS	UBICACION DE LUCES DE EMERGENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL	
Escuela Universitaria de Posgrado Maestría en Gerencia de Proyectos de Ingeniería	
Tema: Tecnología de Naturación Vertical y su efecto en el Confort Térmico en Edificaciones Comerciales de Lima Cercado	
Plano de: Distribución de la Edificación Comercial Centro Lima	Plano N° 01
Elaborado por: Condori Huamán Fredy Porfirio	Escala: Febrero 2019 1 / 200