

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TECHOS VERDES USOS Y APLICACIONES COMO PARTE
INTEGRAL DE LA CONSTRUCCION**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JOSE CARLOS SUAREZ ORE

Lima - Perú

2015

INDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	6
LISTA DE FOTOS	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	10
1.1 MARCO HISTÓRICO	10
1.2 MARCO JURÍDICO	16
1.2.1 Internacional	16
1.2.2 Nacional	18
CAPÍTULO II: COMPONENTES DE LA CONSTRUCCION DEL TECHO VERDE	21
2.1 DEFINICION	21
2.2 COMPONENTES DE UN TECHO VERDE	21
2.2.1 Capa de vegetación	21
2.2.2 Capa del estrato	21
2.2.3 Capa de drenaje	22
2.2.4 Capa impermeabilizante	22
2.3 TIPOS DE TECHO VERDE	23
2.3.1 Tipo extensivo	23
2.3.2 Tipo semi-intensivo	23
2.3.3 Tipo intensivo	23
CAPÍTULO III: CRITERIOS DE DISEÑO	25
3.1 Requisitos mínimos para la instalación de un techo verde	25
3.2 Requisitos previos para nuevas edificaciones	25
3.3 Requisitos previos para edificaciones existentes	26
3.4 Parámetros de vegetación	26
3.5 Pendiente del techo	26
3.6 Consideraciones de carga	26

3.7 Altura y orientación del techo	27
3.8 Transporte y colocación del estrato	27
3.9 Drenaje	28
CAPÍTULO IV: IMPACTO AMBIENTAL EN LAS EDIFICACIONES	30
4.1 Ciclo del oxígeno	30
4.2 Ciclo del carbono	30
4.3 Isla de calor	31
4.4 Regulación de la humedad	32
4.5 Regulación de la temperatura	32
4.6 Beneficios	33
4.6.1 Aislamiento acústico	33
4.6.2 Estética	33
4.6.3 Salud	34
4.6.4 Creación de Hábitats	34
4.6.5 Sociales	35
4.6.6 Económicos	35
4.6.7 Reconocimiento y responsabilidad ambiental	36
CAPÍTULO V: COSTOS Y PRESUPUESTOS.....	38
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
6.1 CONCLUSIONES	41
6.2 RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFIA	44
ANEXOS	45

RESUMEN

El acelerado desarrollo urbano genera una serie de problemas, no sólo sociales y económicos, sino también ambientales. Los techos verdes son parte de la tecnología que pueden ser utilizados como un mecanismo y/o herramienta para la gestión ambiental de las edificaciones. Este trabajo hace mención a los inicios de este sistema de techo verde, tipos, criterios de diseño y el impacto y beneficios que se van a generar como producto de la implantación de este sistema que hoy en día va tomando mayor notoriedad en algunos proyectos en la ciudad capital. Además, se dará a conocer el costo que demanda la instalación de este sistema y la importancia de tomar en cuenta para futuros proyectos el diseño y las consideraciones de un techo verde.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°1.- Tipos de techo verde	23
Cuadro N° 2.- Porcentaje de agua a evacuar en techos verdes	28
Cuadro N° 3.- Costo energético y emisión CO2 por kg de material	30
Cuadro N° 4.- Presupuesto N° 1	38
Cuadro N° 5.- Presupuesto N° 2	38
Cuadro N° 6.- Presupuesto N° 3	39
Cuadro N° 7.- Presupuesto N° 4	39
Cuadro N° 8.- Presupuesto N° 5	39

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.- Distribución de Consumo Energético	14
Figura N° 2.- Distribución de Consumo Eléctrico	15

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

- IGRA: International Green Roof Association
GRHC: Green Roofs for Healthy Cities
SPRI: Single Ply Roofing Industry
RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones
MJ: Megajoules

LISTA DE FOTOS

Foto N° 1.- Museo L' Historial de la Vendée.....	11
Foto N° 2.- Banco Santander Madrid	11
Foto N° 3.- Mayor Daley's City Hall	12

INTRODUCCIÓN

Más de la mitad de la población mundial se concentra en las ciudades y esta concentración se convierte en una amenaza. El acelerado desarrollo urbano genera una serie de problemas, no sólo sociales y económicos, sino también ambientales especialmente visibles en las ciudades de los países en vía de desarrollo, los cuales carecen generalmente de la infraestructura adecuada para mitigar los efectos de la desordenada expansión urbana. Además, como las grandes ciudades norteamericanas y europeas, también enfrentan la contaminación del aire, el efecto de la isla de calor y/o la suficiente capacidad de los alcantarillados durante fuertes lluvias. Una respuesta a estas problemáticas ha sido proporcionada por la ciencia y la nueva tecnología; desde soluciones relativamente simples como el incremento de la cobertura de áreas verdes, hasta las tecnologías sostenibles relativamente novedosas como la energía solar, los materiales de construcción que reflejan los rayos solares, la reutilización de aguas provenientes de lluvias y las técnicas empleadas para el almacenamiento de agua y energía. Entre estas tecnologías ecológicas recientes están los techos verdes, conocidos también como techos ecológicos, cubiertas verdes, sistemas de vegetación y azoteas verdes, son una nueva forma de incorporar masa vegetal a la vida urbana, en aquellos espacios que han sido poco valorados como los techos de las edificaciones.

El sistema de techo verde implica un tratamiento especial al techo; es una técnica muy segura que se adapta a las características de cada construcción, para proteger la superficie y generar beneficios tangibles para quienes habitan el lugar.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1 MARCO HISTÓRICO

El uso de azoteas verdes se remonta a varios siglos atrás. El primer antecedente que se tiene registro son los “Jardines Colgantes de Babilonia”, creados en los siglos VII y VIII a.C.

Posteriormente, el arquitecto suizo nacionalizado francés Charles Édouard Jeanneret-Grisb mejor conocido como Le Corbusier, fue el primero en incluir el concepto de techo verde en Europa Occidental de manera sistemática. A partir de 1920 incluyó la vegetación en edificios para sus clientes con alto poder adquisitivo. Este sistema de la era moderna comienza en Alemania en la década de los sesenta al desarrollar la técnica de los “techos verdes”, la cual se difundió posteriormente a lo largo de toda Europa. En la década de los ochenta la ciudad de Stuttgart (Alemania) fue una de las primeras en ofrecer beneficios fiscales a favor de la implantación de techos verdes; mientras que en Berlín se estableció que toda edificación nueva que cuente con un área considerable deberá incluir un techo verde como parte del proyecto para aplicar a la licencia de construcción.

En la actualidad aproximadamente el 40% de las ciudades alemanas ofrecen algún tipo de beneficio para la instalación de techos verdes en sus edificaciones, se ha contabilizado que hasta el año 2000 Alemania contaba con más de 15 millones de metros cuadrados de techos verdes.

La mayoría de países europeos como: Suiza, Hungría, Suecia, Holanda e Inglaterra, cuentan con este sistema de techos verdes.

Por otro lado, Francia cuenta con una enorme azotea de 8,000 m² que fue instalada en el museo L' historial de la Vendee en Junio del 2006 en Les Lucs-Sur-Boulogne.

La ciudad de Madrid, España, cuenta con el techo verde más grande del continente europeo, el cual está instalado en el Banco Santander con más de 100,000 metros cuadrados, siendo una combinación de sistema intensivo y extensivo.



Foto N° 1: Museo L'Historial de la Vendée



Foto N° 2: Banco Santander Madrid

El continente Europeo cuenta con gran implantación de techos verdes en las diversas construcciones nuevas y existentes, por lo que tiene las mejores instalaciones y diseños de éstas. En el periodo del 2000 al 2010, se ha realizado la instalación de alrededor de 10 mil hectáreas de techos verdes.

En el continente asiático Japón es un país representante en este tema, la ciudad de Tokio incluyó como requisito que todo aquel edificio nuevo que cuente con un área de terreno mayor a 1000 m², tendrá que contar con un techo verde equivalente al 20% del total del área construida de la edificación.

En los Estados Unidos de América, la Ciudad de Illinois destaca por ser la ciudad más verde de dicho país, colocando en gran escala techos verdes sobre las edificaciones nuevas y existentes. Varios estudios realizados en Estados Unidos de América determinaron que las edificaciones que cuentan con un techo verde disminuyeron el consumo de energía hasta en un 25%.

La ciudad de Chicago, por su parte, tiene una gran cantidad de techos verdes instalados en sus edificaciones (más de 200), mismas que cubren un área de 232,250 metros cuadrados aproximadamente. Uno de los edificios que cuenta con techo verde es el Mayor Daley's City Hall, de la conocida tienda de autoservicio Target.



Foto N° 3: Mayor Daley's City Hall

En lo que concierne a México es muy poca la construcción de los techos verdes. El inicio de la instalación de este sistema fue en el año de 1999 en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México es conocido como uno de los países que encabeza el movimiento de instalación de techos verdes en Latinoamérica.

El interés de México sobre el tema de instalación de techos verdes ha sido de suma importancia, siendo sede del congreso de techos verdes en el año 2010, considerándose como el primer país latinoamericano en recibirlo. Este congreso se ha realizado en diferentes ciudades tales como: Basel, Suiza (2005), Linz, Austria (2007), Londres, Inglaterra (2008) y Toronto, Canadá (2009), y en el 2012 en Brisbane, Australia.

Uno de los objetivos de este congreso fue promover la creación de nueva infraestructura para la instalación de techos verdes; además, de obtener mayor difusión y emprender la iniciación de nuevas instituciones que se encarguen de la regulación y verificación de dichas áreas.

El congreso de techos verdes contó con especialistas de calidad internacional procedentes de diferentes países, tales como Brasil, México, Argentina, Canadá, Estados Unidos de América, Alemania, España y Australia, entre otros.

Según un estudio realizado en la ciudad de México se conoce que este sistema de techos verdes cumplen una función de agentes de ahorro energético. Dicho estudio tomó en cuenta el hecho de diseñar un edificio de manera convencional sometido a distintas consideraciones ambientales con y sin el uso del techo verde, para ello fue necesario la aplicación de los softwares: Energy Plus y Design Builder. Dichas simulaciones se realizaron en el periodo de un año para una mejor evaluación durante las cuatro estaciones. Estos programas tienen la capacidad de modelar el consumo de energía en intervalos de 15 min, permitiendo cálculos y la obtención de información confiable debido al uso de base de datos climatológicos de instituciones como la NASA, sobre el desempeño energético del modelo propuesto. El modelado de la edificación fue llevado a cabo pensando en los supermercados por ser estructuras que requieren de un área considerable y poseer una demanda energética importante.

Dentro de los datos considerados para la simulación se puede mencionar los siguientes: el área de 1,250 m², un sistema de aire acondicionado tipo constante; el tipo de actividad fue de un supermercado con una ocupación de 5 personas por cada 100m². El techo verde que se utilizó fue tipo semi-extensivo con un espesor de 15 cm y una temperatura de confort de 25 °C. Además, se consideraron tres lugares de distintas condiciones climáticas como México, Tijuana y Cancún con la finalidad de establecer las condiciones más favorables en cuanto la implantación del sistema del techo verde en estudio.

Como resultado de la evaluación realizada sobre la edificación se obtuvo las siguientes gráficas que nos mostrarán el ahorro energético, el cual está relacionado con la demanda energética de la edificación teniendo como única finalidad la satisfacción de sus necesidades operativas y de confort, los cuales serán dadas en forma anual.

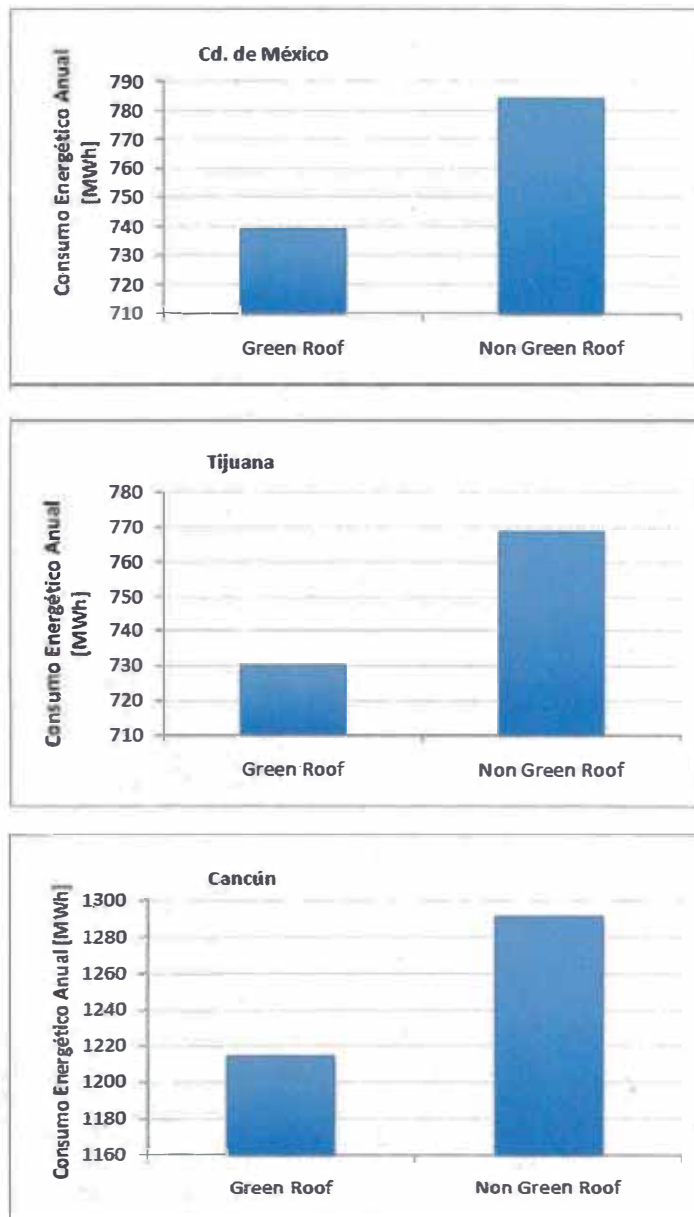


Figura N° 1: Distribución del consumo energético según el tipo de techo

Fuente: Tesis Evaluación de la tecnología de techos verdes como agentes ahorradores de energía en México
Tonatiuh Barahona Sánchez.

Por otro lado basándonos en que los techos verdes pueden actuar como resistencia térmica, cabe indicar que el uso de este sistema nos permitirá disminuir el consumo de energía eléctrica que nos demanda la utilización del aire acondicionado. Para una mejor ilustración de este detalle, se mostrarán las

siguientes gráficas, las cuales fueron obtenidas a partir de los datos introducidos anteriormente para la evaluación de la edificación.

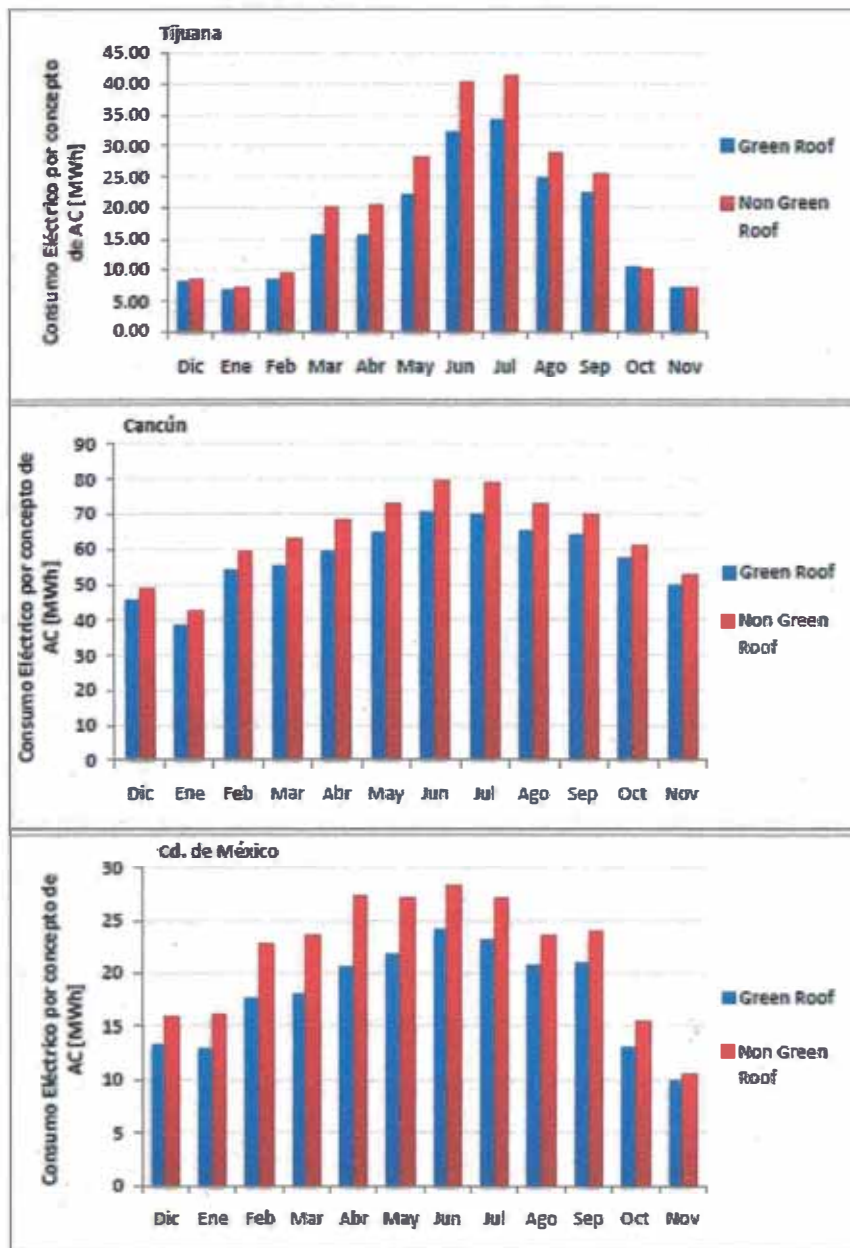


Figura N° 2: Distribución del consumo eléctrico de AC según el tipo de techo

Fuente: Tesis Evaluación de la tecnología de techos verdes como agentes ahorradores de energía en México
 Tonatiuh Barahona Sánchez.

Tal como podemos notar en los tres casos mostrados el consumo por concepto de aire acondicionado se reduce, dando a conocer que el sistema de techo verde funciona como un aislamiento térmico frente al uso de un techo convencional.

1.2 MARCO JURÍDICO

1.2.1 INTERNACIONAL

La legislación de techos verdes aún es escasa en el ámbito internacional. Aunque existen algunos países que cuentan con su propia legislación, la mayoría de los países aún no cuentan con legislación propia sobre este tema; por tal situación se crearon dos grandes asociaciones internacionales que se encargan de establecer lineamientos estándar para llevar a cabo la instalación de un techo verde, en los países que no cuentan con legislación. Dichas asociaciones son Techos Verdes para Ciudades Saludables por sus siglas en inglés “Green Roofs for Healthy Cities” (GRHC) y la Asociación Internacional de Azoteas Verdes por sus siglas en inglés “International Green Roof Association” (IGRA).

A) TECHOS VERDES PARA CIUDADES SALUDABLES (GRHC)

La organización de Techos Verdes para Ciudades Saludables fue fundada como resultado del proyecto de investigación sobre los beneficios de los techos verdes y las barreras para el desarrollo de la industria, integrada por organizaciones públicas y privadas, esta asociación rige principalmente a América del Norte.

Además, dicha asociación otorga la “Certificación del Diseño del Techo Verde 101”, a diferentes organismos gubernamentales y privados, pero, dado que es poca la información con la que se cuenta la GRHC ofrece un curso sobre “Tecnologías de techo verde en América del Norte”, el cual consta de los siguientes programas:

- Curso introductorio: Green Roofs Diseño 101
- Diseño e instalación 201: Infraestructura del Techo Verde
- Impermeabilización de Techos Verdes y Drenaje 301
- Las plantas verdes y medios de cultivo 401

Estos cursos son de apoyo para la formación de profesionales en materia de techos verdes, siempre y cuando el interesado acredite el exámen de certificación de GRP por sus siglas en inglés Green Roof Professional.

La GRHC en conjunto con la industria de capas para techos por sus siglas en inglés Single Ply Roofing Industry (SPRI), han desarrollado las siguientes normas:

- Directrices para el diseño por incendio
- Diseño estándar por viento

-Procedimiento para la investigación de la resistencia a la penetración.

B) ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE TECHOS VERDES

Esta asociación regula los requisitos técnicos con respecto a la instalación de techos verdes, principalmente a los países europeos, asimismo da a conocer los diversos tipos de techos verdes, los tipos de vegetación, conservación y mantenimiento. También establece lineamientos preventivos para que cada país pueda contar con lineamientos básicos y de esta manera desarrollar leyes y normas propias sobre techos verdes.

Las directrices con las que cuenta IGRA en lo técnico-constructivo son:

- Capacidad para el soporte de carga
- Elevación
- Protección contra incendios
- Temperatura
- Protección contra ruido

En la parte técnica de techos verdes, se tiene:

- Material de Impermeabilización
- Instalación
- Pendiente
- Drenaje

Además, esta asociación promueve programas de techos verdes en países que aún no tienen legislación sobre el tema, dichos programas contienen lineamientos sobre ingeniería y arquitectura del paisaje.

IGRA tiene políticas que proponen dar diversos incentivos a los propietarios de los inmuebles que tienen instalada un techo verde, algunos de estos incentivos son:

- Incentivos financieros directos
- Reducción de impuestos de aguas pluviales

Cada país puede tomar estos incentivos y/o proponer otros, tal como en el caso de aguas pluviales, no todos los países cuentan con un drenaje de aguas pluviales, varios lo tienen combinado, por lo tanto el incentivo de reducción de impuestos de aguas pluviales, se podría aplicar al pago de aguas residuales.

Colombia en el año 2009 dió a conocer el proyecto de acuerdo número 386 del decreto 1421 de 1993, entrando en vigencia a partir de su fecha de publicación en, la cual implementa, promueve y estimula las tecnologías de creación de techos verdes en Bogotá, entre otras disposiciones ambientales.

A continuación se da una breve explicación de los artículos 1 al 5 de dicho decreto.

1.-Toda construcción nueva del orden distrital para la prestación de servicios, implementará en sus techos tecnologías de techos verdes o techos ecológicos, conforme a las normas de construcción existentes.

2.- Las nuevas edificaciones que cuenten con tecnologías de techo verde podrán tener beneficios financieros para la recuperación de la inversión realizada, también podrán aplicar a la certificación de captura de carbono (CCC).

3.-Se contará con la ayuda de las Secretarías de Hábitat, Ambiente y el Jardín Botánico José Celestino Mutis, para la cuantificación de CCC y las diversas especies orgánicas y vegetales que pueden ser colocadas en un techo verde.

4.-Las edificaciones ya existentes de orden público que no cuenten con tecnologías de techos verdes tendrán hasta el año 2020 para la implementación progresiva de dichas tecnologías.

5.-Promover la implementación de tecnologías de techos verdes en el sector privado por medio de la Administración distrital.

También América Latina está trabajando en la implantación de azoteas verdes siendo Colombia un gran ejemplo.

1.2.2 NACIONAL

En el Reglamento Nacional de edificaciones (RNE) no se incluye las consideraciones generales para el diseño y utilidad de los techos verdes en las edificaciones; sin embargo, cabe resaltar que algunos distritos de Lima como: San Miguel, Lince, Miraflores, San Isidro y la Molina emitieron normas para promover entre sus vecinos el desarrollo de los 'techos verdes', ya sea a través de un menor pago de tributos o con mayores permisos de construcción.

La Municipalidad de San Miguel descontará el 20% en los arbitrios del rubro parques y jardines públicos a los vecinos que instalen áreas verdes en los techos de sus inmuebles. Según lo establece la ordenanza N°232 publicada el 12 de Abril del 2012 en el diario El Peruano, los propietarios tendrán ese beneficio inscribiéndose en el programa "Techo Verde". La comuna informó que el objetivo es mejorar la calidad del aire, embellecer y recuperar los techos de las casas y edificios como un nuevo espacio ecológico del distrito.

El programa alcanza a viviendas, establecimientos comerciales, industriales, escuelas y locales públicos. La vegetación tendrá que ser instalada no en macetas o macetones, sino en contenedores hidropónicos (depósito especial para plantación en agua con superficie de estratos minerales como arena, ladrillos molidos, cascarilla de arroz, piedra pómez, entre otros).

Las plantaciones deberán cubrir el 40% del techo en el primer año de inscrito en el programa. Posteriormente, los dueños tendrán que incrementar el 10% cada año hasta cubrir en 80% el total del techo. Un punto a tener en cuenta es que a partir del 2013, quienes soliciten la licencia de edificación en el distrito estarán obligados a participar en el programa "Techo Verde".

La norma también indica que la Gerencia de Servicio a la Ciudad y Medio Ambiente entregará certificados de calidad a las empresas que construyan jardines en los aires de sus edificaciones. El programa entregará el premio "El Jardín del Año en tu techo", en el cual participarán solo los vecinos y empresas que se acojan y cumplan las pautas anteriormente indicadas. Los premios serán bienes y dinero en efectivo proveniente de los auspiciadores vinculados con el cuidado del medio ambiente.

CAPÍTULO II

COMPONENTES DE LA

CONSTRUCCIÓN DE TECHO VERDE

CAPÍTULO II: COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE TECHO VERDE

En este capítulo se dará a conocer la definición, componentes y tipos de techo verde considerados en este sistema de aplicación en las edificaciones.

2.1 DEFINICIÓN

Techo verde es el techo de una edificación que esta parcial o totalmente cubierto de vegetación ambiental.

2.2 COMPONENTES DE UN TECHO VERDE

Existen diferentes formas de instalación; sin embargo, la cantidad mínima de elementos que lo conforman son cuatro (04) capas.

El techo verde es un sistema integral conformado por capas de diferentes materiales, las cuales protegen al techo de su deterioro frente al ambiente y resulta provechoso para un determinado tipo de vegetación.

La instalación de un techo verde empieza con la factibilidad estructural y finaliza con la instalación de la vegetación. Cabe indicar que se dará un diseño propio para cada edificación dependiendo además, del tipo de región.

Las capas que conforman como mínimo un techo verde son: capa de vegetación, capa del estrato, capa de drenaje y capa impermeabilizante.

2.2.1 CAPA DE VEGETACIÓN

Es la capa formada por el tipo de vegetación a instalar dependiendo de la selección realizada previamente.

2.2.2 CAPA DEL ESTRATO

Es la penúltima capa que está diseñada para soportar y albergar la vegetación permitiendo su desarrollo. Deberá tener como mínimo un espesor de 10.00 cm. Esta capa permite la retención de agua y aportación de nutrientes requeridos para el crecimiento de las plantas. Pudiendo estar compuesto por minerales ya sea con o sin materia orgánica.

2.2.3 CAPA DE DRENAJE

Esta capa tiene la función de recibir el agua que resulta como producto de las precipitaciones o de la acumulación de agua excedente presente en la superficie de vegetación. Por otro lado sirve para almacenar cantidades bajas de agua.

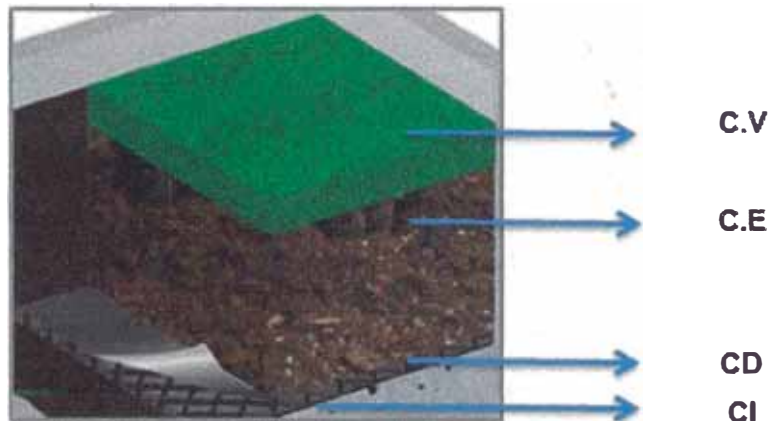
Su capacidad de desalojo mínimo deberá ser de 2l/min/m². Puede estar constituida por distintos materiales como: láminas de fibra sintética, mallas plásticas, placas drenantes de polietileno o poliestireno.

2.2.4 CAPA IMPERMEABILIZANTE

Se trata de la capa cuya función principal es evitar el paso del agua que pueda filtrarse de la capa drenante. En cuanto a las características que deberá reunir esta capa tenemos: resistencia a los rayos ultravioletas, a variación de temperatura, microorganismos, punzonamiento y estabilidad.

Existen diferentes tipos, de los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Polietileno, el cual posee alta resistencia.
- PVC, propileno, etileno de espesor mínimo 1.2 mm. y con 2 capas antipunzonantes.
- Bituminosa, con un espesor mínimo de 4 mm. y un refuerzo de poliéster de 0.18kg/m²



Dónde:

C.V: Capa de vegetación

C.E: Capa del estrato

C.D: Capa de drenaje

C.I: Capa impermeabilizante

2.3 TIPOS DE TECHO VERDE

En la actualidad se consideran tres tipos, los cuales son:

2.3.1 Tipo extensivo

Cuando las capas de vegetación requieren de un mantenimiento bajo, el espesor no debe ser mayor a los 15 cm, con una carga permanente entre los 60 y 180 kg/m² en estado saturado.

2.3.2 Tipo semi-intensivo

Cuando las capas de vegetación requieren de un mantenimiento regular, con un mínimo de 15 cm de espesor, con una carga permanente en estado saturado entre 120 y 250kg/m².

2.3.3. Tipo intensivo

Cuando las capas de vegetación necesitan de un mantenimiento frecuente, posee un espesor mínimo de 20 cm, con una carga permanente en estado saturado entre 180 y 500 kg/m².

Cuadro N°1: Tipos de techo verde

DESCRIPCION	EXTENSIVO	
	NO ACCESIBLE	ACCESIBLE
SOPORTE ESTRUCTURAL(kg/m ²)	60 - 80	80 - 180
ESPESOR DEL ESTRATO(cm)	6 - 9	12 - 15
TIPO DE VEGETACION	Especies suculentas(sedum)	Especies herbaceas(cesped)
SISTEMA DE RIEGO	Riego por goteo	Riego por aspersión/ adaptador de cabezal de mangueras
DESCRIPCION	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO
SOPORTE ESTRUCTURAL(kg/m ²)	120 - 250	180 - 500
ESPESOR DEL ESTRATO(cm)	15 - 30	20 - 50
TIPO DE VEGETACION	Especies herbaceas(cesped)	Especies herbaceas
SISTEMA DE RIEGO	Riego por aspersión/ goteo	Riego por aspersión/ goteo

Fuente: IGRA

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE DISEÑO

CAPÍTULO III: CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño son lineamientos y pautas basadas en necesidades humanas, así como en la experiencia e investigación sobre el tema en cuestión. En este capítulo se describirán los criterios más importantes y fundamentales a considerar en la instalación y diseño de un techo verde.

3.1 REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA INSTALACIÓN DE UN TECHO VERDE

En las edificaciones nuevas y existentes sobre las que se decida instalar un techo verde se deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

-Impermeabilidad.- Los sistemas de vegetación deberán garantizar el impedimento del paso de agua a la estructura de la losa y evitar un estado de saturación sobre la misma.

-Seguridad durante las maniobras.- La colocación de los componentes del techo verde debe realizarse con la mayor seguridad y equipo necesario, además deberá estar a cargo de un personal capacitado. Por otro lado, se dejarán los espacios requeridos para el mantenimiento, inspección y reparación de cualquier daño que pudiera suceder.

-Resistencia a la penetración por raíces.- Se tiene que garantizar que las raíces no penetren la capa impermeabilizante, así como a la losa, evitando daños a la estructura y componentes de la edificación.

-Resistencia y estabilidad.- Se tiene que garantizar la firmeza, seguridad, comportamiento estático y estructural de todos los componentes del techo verde a instalar.

3.2 REQUISITOS PREVIOS PARA NUEVAS EDIFICACIONES

La instalación y diseño de un techo verde en una edificación nueva, debe de ser considerada desde la etapa de anteproyecto, para que de esta manera se considere en la memoria de cálculo.

Respecto a la colocación de equipos necesarios para el edificio tales como tanques de gas, entre otros, se tendrán que considerar una altura mínima de 15 cm por encima de la última capa de la cubierta.

Las instalaciones sanitarias, eléctricas y estructura, se diseñaran conforme lo indicado en el RNE, tomándose en cuenta una red de drenaje que permita asegurar la capacidad a desalojar la totalidad del agua producto del riego y las

precipitaciones pluviales sobre la cubierta. En todos los casos, sin excepción alguna, la cubierta tendrá que contar con rebosaderos, con una altura mínima de 5 cm sobre el nivel del estrato.

3.3 REQUISITOS PREVIOS PARA EDIFICACIONES EXISTENTES

Se deberá tomar en cuenta los cálculos realizados para el diseño inicial de la edificación, de esta manera se decidirá qué tipo de techo verde es el más conveniente a instalar.

3.4 PARÁMETROS DE VEGETACIÓN

El peso de la superficie a intervenir no deberá rebasar la carga máxima admisible determinada por el cálculo y evaluación de la estructura de la edificación en estudio. En cuanto a los parámetros a considerar son: altura de crecimiento de las plantas, profundidad de las raíces, espesor del estrato y la cobertura vegetal.

3.5 PENDIENTE DEL TECHO

La inclinación del techo es un dato fundamental para el proceso de construcción, mantenimiento y elección del tipo de vegetación del techo verde, debido a que el no poseer una pendiente adecuada podría ocasionar diversos problemas, tal como la acumulación de agua, lo cual ahogaría a la vegetación.

El área donde se instalará el techo verde deberá contar con una pendiente mínima del 1%, de no ser así, se tendrá que colocar un drenaje especial, para evitar los problemas antes descritos, sin superar el 40% de pendiente, ya que puede provocar el deslizamiento del estrato si no se toman las medidas necesarias.

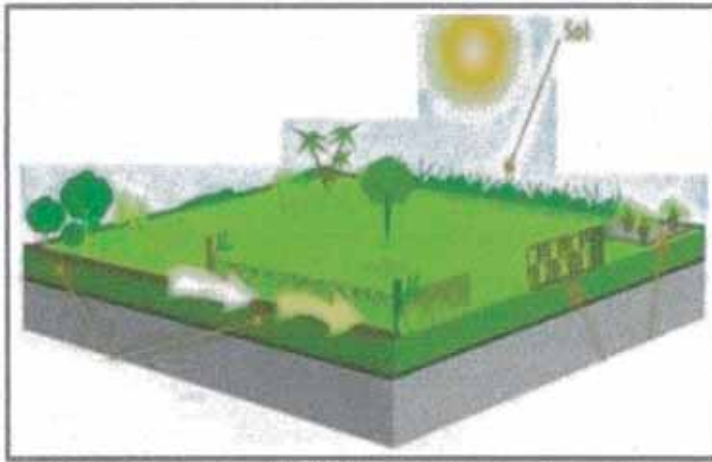
3.6 CONSIDERACIONES DE CARGA

La determinación de las cargas que inciden sobre la capa base es de suma importancia, ya que en las edificaciones existentes se debe tomar en cuenta los cálculos previos, y en los nuevos inmuebles en el diseño de la losa, es decir, la carga que se tomará en cuenta es igual al peso total del techo, el peso del estrato en el estado de saturación y la vegetación.

3.7 ALTURA Y ORIENTACIÓN DEL TECHO

La altura del techo y su orientación al cielo son características que se consideran de suma importancia debido a que influyen en la carga del viento y la radiación solar sobre las plantas.

Por otro lado el grado de influencia de la radiación solar, permitirá acelerar la evaporación del agua dentro de las plantas, por lo tanto es un factor que resulta importante en la elección del tipo de planta a instalar.



3.8 TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL ESTRATO

El material suelto, a granel generalmente, se transporta por medio de un elevador o grúa hacia el techo. El estrato se tiene que colocar con mucho cuidado, de no ser así podrían ocasionarse serios problemas, tales como: deslizamiento del estrato, espacios vacíos. También es importante verificar que el estrato instalado corresponda con el especificado en el diseño.



3.9 DRENAJE

Diversos factores como: el espesor, tipo de vegetación e intensidad de la lluvia, los techos verdes almacenan una parte importante de la precipitación anual, por ello se deberá contar con un buen sistema de drenaje, el cual se alimentará principalmente del estrato, si la lluvia fuera intensa y la capa del estrato muy fina será mayor el caudal a drenar. A pesar que en Lima, la lluvia no es tan intensa como en provincias se deberá tener en cuenta lo indicado.

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de desagüe de agua pluvial en las superficies de los techos verdes, es decir, el porcentaje indicado será el que debe ser desalojado por la vegetación, por ejemplo en el sistema de vegetación extensivo el 30% de la precipitación es desalojado por la vegetación, mientras que el 70% sería el retenido.

Cuadro Nº 2: Porcentaje de agua a evacuar en techos verdes

TIPO DE TECHO VERDE	% DE DESAGUE
EXTENSIVO	ESPEJOR MAYOR A 10 cm- 30% ESPEJOR MENOR A 10 cm- 50%
SEMI-INTENSIVO	40%
INTENSIVO	70%

Fuente: IGRA

CAPÍTULO IV

IMPACTO AMBIENTAL EN LAS

EDIFICACIONES

CAPÍTULO IV: IMPACTO AMBIENTAL EN LAS EDIFICACIONES

La construcción resulta ser uno de los factores consumidores de los recursos naturales por ello es necesario la realización de edificaciones con techo verde que significan una alternativa para compensar la destrucción de áreas verdes.

A continuación mencionaremos la influencia y beneficios brindados con la instalación de este sistema.

4.1 CICLO DEL OXÍGENO

El oxígeno representa alrededor del 21% de la atmosfera terrestre cuyo mayor propósito es abastecer las necesidades de los organismos terrestres y marinos.

Los techos verdes favorecen de manera considerable al ciclo del oxígeno ya que al realizarse el proceso de la fotosíntesis por parte de las plantas se libera las moléculas del oxígeno que permiten la interacción con los demás organismos vivientes.

4.2 CICLO DEL CARBONO

El consumo energético y las emisiones de CO₂ producidas en la fabricación de los materiales y en el transporte al lugar de la obra, son dos indicadores relevantes del calentamiento global y de la incidencia en la capa de ozono.

A continuación, observaremos en la siguiente tabla el aporte de los materiales involucrados en la construcción teniendo en cuenta solo las especialidades de arquitectura y estructuras para una vivienda.

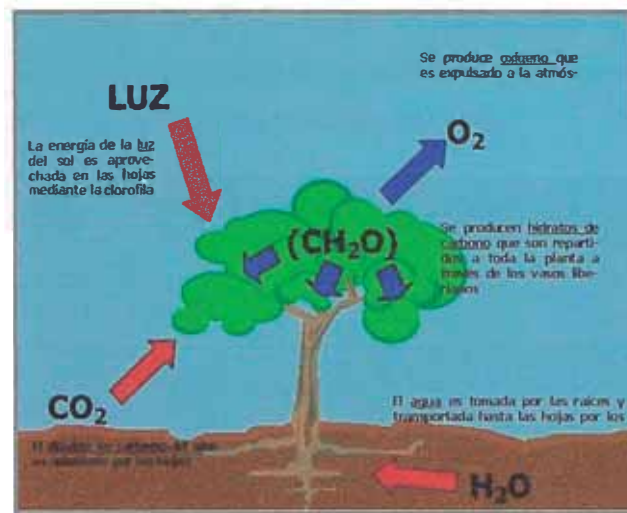
El gasto energético se expresa en Megajoules (MJ) o su equivalente en kilo watt hora (KWh), donde (1KWh =3.6 MJ)

Cuadro Nº 3: Costo energético y emisión CO₂ por kg de material

Material	Costo energético por Kg/ materia		Emisión de CO ₂ por Kg de materia
	MJ	KWh	kg
Resinas	110,000	30,560	16.280
Asfalto	55,280	15,360	8.140
Acero	35,000	9,720	2.800
Pintura	24,700	6,860	3.640
Diesel	10,100	2,805	0.003
Cemento	4,360	1,211	0.410
Cal	3,430	0.953	0.320
Cerámica	2,321	0.645	0.180
Madera	2,100	0.583	0.060
Aridos	0.10	0.028	0.007
Agua	0.05	0.014	0.00

Fuente: *Un acercamiento a las cubiertas verdes*". Medellín, 2010. López Serna, Miguel

El contar con un techo verde, el cual posee plantas con contenido de clorofila podrá absorber el dióxido de carbono que se encuentra en la atmósfera y lo transformará en oxígeno que es indispensable en la respiración de los seres terrestres



4.3 ISLA DE CALOR

Este fenómeno se presenta en las zonas urbanas y es ocasionada por la falta de vegetación, al reemplazar los bosques por asfalto y concreto. Estos materiales absorben gran cantidad de calor en comparación con la vegetación ocasionando un ambiente caluroso. Además, cabe indicar que esto aumenta con el uso de la electricidad.

La instalación de un techo verde produce la disminución de la temperatura interior, esto se debe a la evapotranspiración de la vegetación, así como a causa de la proyección de sombra sobre la parte superior del inmueble.



4.4 REGULACIÓN DE LA HUMEDAD

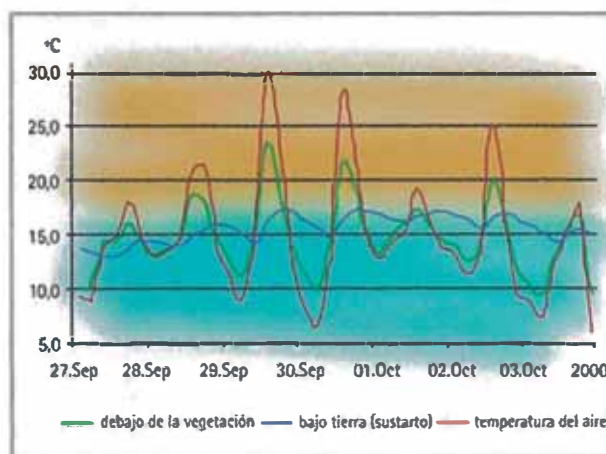
La vegetación tiene como una de sus funciones principales aumentar y/o reducir la humedad del lugar donde está ubicada. Es decir, cuando el ambiente es húmedo se da el proceso de la formación de rocío, condensando la niebla para que de esta forma las gotas de agua se infiltren hacia la capa del estrato; mientras que, si el ambiente es seco la vegetación evapora el agua que está contenida en las raíces, aumentándose la humedad relativa del aire.

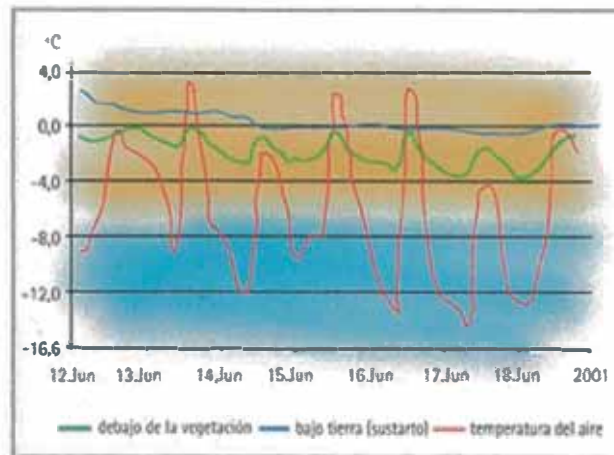


4.5 REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA

Los techos verdes colaboran con la regularización y equilibrio de las condiciones climáticas del medio ambiente generando un microclima en la parte superior de nuestra edificación. Mediante la evaporación y la condensación del agua realizada por las plantas se puede reducir las oscilaciones de la temperatura.

Por ejemplo, podemos notar en los siguientes gráficos la variación de la temperatura para un techo verde cubierta con grass. (Alemania (Kassel))





4.6 BENEFICIOS

4.6.1 AISLAMIENTO ACÚSTICO

En las zonas urbanas es demasiado el ruido que se genera producto del transporte público, utilización de maquinarias y/o equipos, etc. Esto conlleva a problemas auditivos en los habitantes, el sistema de techo verde reduce el nivel de decibeles y permite prolongar la salud auditiva.



4.6.2 ESTÉTICA

Se refleja a simple vista, debido a que la instalación de un techo verde modifica de manera considerable la percepción arquitectónica de la edificación. Además, de significar una zona de esparcimiento y descanso para los usuarios.



4.6.3 SALUD

Mejora el desempeño y reduce malestares de las personas en sus centros de labores, recuperando así un nuevo lugar anteriormente desperdiciado. Además, produce un mejoramiento en la calidad de aire.



4.6.4 CREACIÓN DE HABITATS

Además, de una hermosa vista se produce la convivencia entre la naturaleza y animales que habitan en ella. Se genera un hábitat a los insectos y bichos que viven y comen de las plantas.



4.6.5 SOCIALES

Los beneficios sociales incluyen la integración del edificio a entornos naturales, las distintas posibilidades de diseño y la utilización del espacio. Por ejemplo, para un hotel con este sistema de techo verde resulta una ventaja competitiva, debido a que la vegetación proporciona un espacio bien valorado por los turistas.



4.6.6 ECONÓMICOS

Mejora la vida útil del techo por 20 años más, al protegerlo de daños mecánicos y ambientales. Además, genera un valor agregado al inmueble.



4.6.7 RECONOCIMIENTO Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

Los techos verdes son fácilmente reconocibles, debido a que las edificaciones que cuentan con este sistema se diferencian de manera significativa de los edificios convencionales. Por ende, dichos edificios reciben cierto reconocimiento, más aún en lugares donde recién se está implantando el sistema. Por otro lado conlleva a vivir con responsabilidad ambiental pues incentiva a preservar la naturaleza y establecer cierta armonía con ella.

CAPÍTULO V

COSTOS Y PRESUPUESTOS

CAPÍTULO V: COSTOS Y PRESUPUESTOS

Realizar afirmaciones acerca de llevar a cabo la construcción de un techo verde respecto a costos es variable y se debe a una serie de factores que pueden influir como: la distancia del transporte, la accesibilidad del terreno, la época del año, diseño personalizado de cada empresa, etc. Dicha variación podría resultar aproximadamente de 75%, se detallarán algunas cotizaciones que fueron realizadas con distintas empresas que ofrecen dicho servicio, donde se podrá observar que mientras algunas mantienen un diseño común, existen otras que toman en cuenta ciertos detalles adicionales. Cabe resaltar que aproximadamente existen 10 empresas dedicadas al rubro de los techos verdes, siendo algunos como: ARVE, Maruplast, Gania, Tierra Verde, Estudio Arqseed, Irrigarden, Construtek, Ecojardines, CIDELSA, etc.

A continuación se detallan los siguientes cuadros obtenidos como información ante las consultas económicas realizadas a distintas empresas del rubro:

Cuadro N°4: Presupuesto N°1

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO (S/.)
1	Impermeabilización mediante el uso de bicapa SOPREMA	m2	141.44
2	Capa de drenaje mediante el uso de un geodren planar	m2	38
3	Capa del estrato (tierra de chacra, humus, compost, inertes)	m3	280
4	Capa de vegetación	m2	80
5	Sistema de riego automatizado	m2	45
6	Otros (diseño, transporte, etc)	glb	18,000

Fuente: Empresa ARVE

Cuadro N°5: Presupuesto N°2

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO (S/.)
1	Impermeabilización mediante el uso del producto COLLAK	m2	36.75
2	Capa de drenaje mediante el uso de un geodren 20P	m2	48
3	Capa antiraíces / D-GARDEN STH	m2	8
4	Capa de Retención de humedad / GEOPROTEC SCS2	m2	14
5	Capa del estrato (tierra de chacra, humus, compost, inertes)	m3	250
6	Capa de vegetación (Inc. Mano de obra)	m2	71
7	Sistema de riego automatizado	m2	55
8	Otros (diseño, supervisión, etc)	glb	15,000

Fuente: Empresa Maruplast

Cuadro N°6: Presupuesto N°3

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO (S/.)
1	Impermeabilización mediante el uso de geomembrana	m2	60
2	Capa de drenaje mediante el uso de un geotextil	m2	20
3	Capa del estrato (tierra de chacra, humus, compost, inertes)	m3	180
4	Capa de vegetación	m2	22
5	Sistema de riego automatizado	m2	47.5
6	Otros (diseño, transporte, etc)	glb	6,000

Fuente: Empresa Tierra Verde

Cuadro N°7: Presupuesto N°4

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO (S/.)
1	Impermeabilización mediante el uso de geomembrana PVC	m2	23.36
2	Capa de drenaje mediante el uso de un geotextil	m2	31.4
3	Capa del estrato (tierra de chacra, humus, compost, inertes)	m3	220.5
4	Capa de vegetación	m2	19.4
5	Sistema de riego automatizado	m2	48
6	Otros (diseño, transporte, etc)	glb	13,000

Fuente: Empresa CIDELSA

Cuadro N°8: Presupuesto N°5

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO (S/.)
1	Impermeabilización mediante el uso de geomembrana	m2	98.5
2	Capa de drenaje mediante el uso de un geotextil	m2	51.5
3	Capa del estrato (tierra de chacra, humus, compost, inertes)	m3	265
4	Capa de vegetación	m2	62.5
5	Sistema de riego automatizado	m2	50
6	Otros (diseño, transporte, etc)	glb	14,500

Fuente: Empresa Arqseed

De acuerdo a los cálculos realizados con lo mostrado se obtiene que el costo por m² en promedio es de S/ 455

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1.-Cabe indicar que algunos países como: Alemania, Estados Unidos, Suiza, y España cuentan con planes de desarrollo a corto plazo para la implementación de ciudades sustentables; mientras que en nuestro país aún queda bastante por desarrollar al respecto, que sin lugar a dudas será de vital importancia en un futuro que ya nos está alcanzando.

2.-Este informe servirá como guía para las personas relacionadas al ámbito de la ingeniería de tal forma que sean capaces de tomar las decisiones necesarias y llevar a cabo un diseño adecuado según su preferencia, siguiendo los criterios indicados en este documento; tal como se ha señalado existen diversos tipos de techo verde y quedará a criterio del lector el tipo de sistema a instalar.

3.-Tal como se ha dado a conocer el sistema de techo verde representa una nueva tendencia en el planeamiento de la construcción urbana, el cual consiste en una fusión entre las estructuras construidas por el hombre y los procesos naturales, dicho sistema constituye un escalón para lograr crear ciudades más saludables. Este sistema resulta un recurso importante y contribuye en brindar una mejor calidad de vida a las futuras generaciones. Por consiguiente, la implementación del techo verde trae consigo un beneficio que cada vez es más importante y tomado en cuenta en los distintos proyectos de construcción.

4.-De acuerdo a lo indicado anteriormente la posibilidad de instalar un techo verde en alguna edificación existente será el aspecto estructural, debido a que cualquier otro detalle del cual pueda carecer la edificación será fácilmente subsanable; sin embargo, ello originará llevar a cabo un diseño adicional y por lo tanto generará mayores costos.

5.-El drenaje en los techos verdes es un factor muy importante a tomar en cuenta, por ejemplo no es lo mismo hacer un diseño para una edificación en Lima que si la estructura se encuentra ubicada en la sierra o selva de nuestro país, debido a que las precipitaciones en dichas zonas mencionadas ocurren de una manera predominante por una determinada cantidad de horas por lo tanto se llega a la

conclusión que en el caso de no tomar las medidas preventivas y un buen diseño, el sistema instalado podría colapsar y causar daños irreparables sobre la estructura.

6.-Cabe indicar que como parte del contenido se mencionó el impacto ambiental de los techos verdes como la influencia en el ciclo del oxígeno y carbono, la regulación de la humedad, etc. Además, de los beneficios que generan la instalación de este sistema como creación de hábitats, estética, salud, económicos, sociales, etc. Por otro lado, de acuerdo a lo indicado por el OMS (Organismo Mundial de la Salud) se recomienda que por cada habitante debe existir 8 a 12 m² de áreas verdes, y actualmente en Lima se tiene como indicador que existe 2 m² por habitante, por lo tanto llegamos a la conclusión que la salud se convertirá en el beneficio de mayor importancia que lograremos alcanzar para tener una mejor calidad de vida.

7.-En el Perú se encuentran trabajando en el rubro de los techos verdes alrededor de diez (10) empresas en total. Dentro de las cuales como parte de su sistema de instalación de techo verde guardan ciertas consideraciones de diseño en común, tomando en cuenta dichos detalles se estableció que el costo por m² asciende a S/. 455, finalmente podemos indicar que dicho valor es aplicable si el proyecto se encuentra ubicado en Lima, debido a que el factor transporte entre otros podrían originar variaciones sobre el precio por m², razón por la cual resultará conveniente tomar en cuenta la accesibilidad al terreno en caso de tratarse la implantación del sistema de techo verde en provincias.

6.2 RECOMENDACIONES

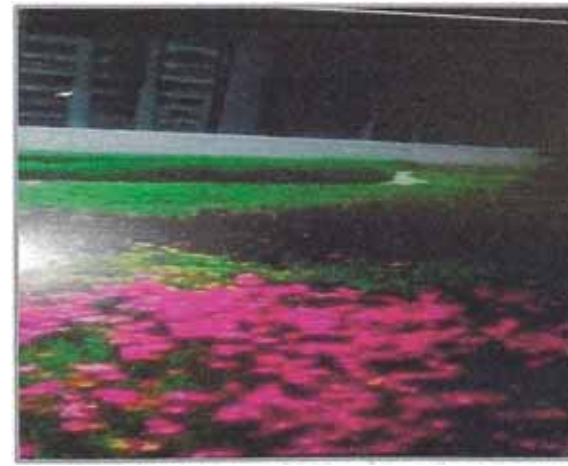
- 1.-Se recomienda llevar a cabo un correcto diseño de los detalles constructivos y tomar en cuenta las posibles variaciones que demanden la magnitud del proyecto y el uso que se le dará al techo verde, para evitar posibles deterioros y/o daños a la edificación.
- 2.-Se recomienda no exceder el 8% de materia orgánica en el estrato a considerar para el diseño y repartir de manera homogénea para evitar posibles problemas con el desarrollo de las plantas.
- 3.-Se recomienda tener en cuenta las condiciones climáticas del lugar donde se ubicará la edificación para la selección del cultivo y el diseño a variar según resulte necesario.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. *"Construcción sustentable del gris al verde"* Buenos Aires, 2010.
- Barahona Sánchez Tonatíuh. *"Evaluación de la tecnología de techos verdes como agentes ahorradores de energía en México"*. Tesis para optar el título profesional. Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.
- Cuchi Burgos, Albert. *"Arquitectura y sostenibilidad"*, Barcelona 2005
- Dunnett N. y Kingsbury. N. *"Planting Green Roofs and Living Walls" (2nd edition)*, Portland, 2008.
- Gernot, Minke. *"Techos verdes. Planificación, ejecución y consejos prácticos"*. Editorial Fin de Siglo, Montevideo, 2004.
- Ibáñez Gutiérrez, Ricardo Andrés. *"Techos vivos extensivos: Una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia"*. Revista Alarife, Bogotá, 2008.
- López Serna, Miguel. *"Un acercamiento a las cubiertas verdes"*. Medellín, 2010.
- Newton J and Johnston. *"Building Green. A guide to using plants on roofs, walls and pavements"*, London, 2004.
- Peralta Sánchez, María Guadalupe. *"Pendientes de Crecimiento en el Desarrollo Vertical de Ornamentales en Paredes Vivas"*, Tesis para optar el grado de Maestría en Ciencias, Montecillo, 2008.
- UloMander, Alar Teemusk. *"Temperature regime of planted roofs compared with conventional roofing systems"* Department of Geography, Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu, Estonia, 2007.
- Sailor, James D. *"A green roof model for building energy simulations programs"* Department of Mechanical and Materials Engineering, Portland State University, Portland, 2008.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, RNE, Lima, 2006
- *"Techos verdes para ciudades saludables"*, <http://www.greenroofs.org/>, 2011

ANEXO

CENTRO EMPRESARIAL CAMINO REAL -TORRE REAL SEIS



MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL



