

UNIVERSIDAD VIÑA DEL MAR

ESCUELA DE INGENIERIA

**PROPUESTA BASE DE NORMAS CONSTRUCTIVAS PARA IMPLEMENTAR
TECHOS VERDES QUE CONTRIBUYAN A MITIGAR EL CAMBIO CLIMATICO EN
CONCORDANCIA CON LAS METAS Y MEDIDAS DEL PANCC**

**INFORME DE TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

MARIA LORETO VALENZUELA LEIGHTON

PROFESOR GUIA: HECTOS SILVA BOBADILLA

Año 2017

Maria Loreto Valenzuela Leighton

mlv@zinco-greenroof.cl



UNIVERSIDAD VIÑA DEL MAR

ESCUELA DE INGENIERIA

PROPUESTA BASE DE NORMAS CONSTRUCTIVAS PARA IMPLEMENTAR TECHOS VERDES QUE CONTRIBUYAN A MITIGAR EL CAMBIO CLIMATICO EN CONCORDANCIA CON LAS METAS Y MEDIDAS DEL PANCC

INFORME DE TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

MARIA LORETO VALENZUELA LEIGHTON

PROFESOR GUIA: HECTOS SILVA BOBADILLA

Año 2017

INDICE

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	vii
GLOSARIO	ix
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xv
1. CAPITULO I – INTRODUCCION.....	1
2. CAPITULO II –PROBLEMA, OBJETIVOS Y JUSTIFICACION	3
2.1 El Problema.....	3
2.2 Objetivo General	4
2.1.1 Objetivos Específicos	5
2.1.2 Justificación.....	5
3. CAPITULO III - MARCO REFERENCIAL.....	6
3.1 Marco Teórico	6
3.1 Marco Legal	11
3.1.1 Plan de Acción Nacional al Cambio Climático (PANCC – PNACC II)	11
3.1.2 Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades (PACC - Ciudades).....	14
3.1.3 PACC – Ciudades y Techos Verdes	15
3.1.4 Propuesta Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Región Metropolitana y Techos Verdes.....	17
3.1.5 Proyectos Ley para modificar la Ley General De Urbanismo y Construcción con el objetivo de incorporar Techos Verdes	18
4. CAPITULO IV – ANALISIS IMPLEMENTACION TECHOS VERDES	20
4.1 Sistema de Techo Verde.....	20
4.2 Beneficios de los Techos Verdes	25

4.2.1	Beneficios Económicos	25
4.2.2	Beneficios Ambientales.....	26
4.2.3	Beneficios Sociales.....	27
4.3	Análisis Herramientas y Estrategias Casos Exitosos Internacionales	27
4.4	Herramientas Utilizadas en Chile	28
4.5	Estrategias de Ciudades Europeas y Otras.....	31
4.6	Estrategias Toronto Canadá.....	36
4.7	Estrategia Córdoba Argentina	37
4.8	Resultados	37
5.	CAPITULO V - PROPUESTA BASE DE NORMAS CONSTRUCTIVAS PARA IMPLEMENTAR TECHOS VERDES QUE CONTRIBUYAN A MITIGAR EL CAMBIO CLIMATICO EN CONCORDANCIA CON LAS METAS Y MEDIDAS DEL PANCC	40
5.1	Definiciones Previas.....	40
5.2	Propuesta base de normas.....	42
5.3	Normas para Filtrar Contaminación	43
5.3.1	Descontaminación zona Saturada o Latente	43
5.3.2	Absorción y Fijación CO2.....	44
5.4	Normas Manejo Aguas Lluvias	47
5.4.1	Manejo Agua para Riego.....	47
5.4.2	Reducción Consumo de Agua para Riego	50
5.5	Norma Eficiencia Energética.....	54
5.6	Normas Ahorro Recurso Hídrico.....	57
5.6.1	Reducción Evapotranspiración	57
5.6.2	Ahorro Consumo de Agua para Riego.....	60
5.7	Norma Reducción Isla de Calor.....	64
5.8	Norma Promoción Infraestructura Verde y Biodiversidad.....	65
6.	CAPITULO VI – CONCLUSIONES -RECOMENDACIONES	67

6.1	CONCLUSIONES	67
6.2	RECOMENDACIONES	70
7.	BIBLIOGRAFIA	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1. Sucesión de eventos catastróficos en Chile para el periodo 1960-2017. Fuente: Centro de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN). Plan de Consulta Ciudadana Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades, MMA, 2017, pág. 3.....	7
Figura 3-2. Componentes expuestos a eventos climáticos y ejemplos de los principales impactos negativos. Fuente MMA, Departamento de Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo de Capacidades, MMA 2017)	8
Figura 3-3. Institucionalidad para la elaboración, implementación y seguimiento de las actividades del PANCC-II (http://portal.mma.gob.cl/plan-de-accion-nacional-de-cambio-climatico-2017-2022-PANCC-ii/)	112
Figura 4-1: Esquema de instalación Techo Verde (Fuente ZinCo GmbH, 2014)	20
Figura 4-2: Dimensión urbana Techo Verde (Fuente: Habitat Sustentable Ltda, 2017)	21
Figura 4-3: Composición de un Techo Verde (recuperado de http://www.zinco.cl/web/,2017)...22	
Figura 4-4: Tipologías de Techos Verdes Tradicionales (Elaboración propia de archivos ZinCo Andina Ltda. 2016)	23
Figura 4-5: Nuevas Tipologías de Techos Verdes (Elaboración propia de Habitat Sustentable Ltda., 2016).24	
Figura 5-1: Esquema de Techo Verde (Fuente: recuperada de www.zinco.cl/15/porque-un-techo-verde-zinco.html 2017)	41
Figura 6 1. Ejemplo Techo Verde extensivo con prestaciones ambientales Cambio Climático en Santiago, realizado el año 2012 por Habitat Sustentable Ltda y Sistema tecnológico ZinCo. (Fuente propia del al año de primera mantención 2013)	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Areas de techos verdes en ciudades internacionales (Elaboración propia, recuperado de la Web www.igra-wold.com , Internacional Green Roof City Association, IGRA, 2017)	32
Tabla 2: Ciudades e Instrumentos municipales internacionales para promover techos programas de techos verdes urbanos (Elaboración propia, recuperado de la Web www.igra-wold.com , Internacional Green Roof City Association, IGRA, 2017)	33

Tabla 3: Ciudades e Instrumentos municipales internacionales para promover techos programas de techos verdes urbanos (Elaboración propia, recuperado de la Web www.igra-wold.com , Internacional Green Roof City Association, IGRA, 2017)	45
Tabla 4: Requerimiento de implementación de cubierta verde en grandes superficies edificadas (Fuente: Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017)	46
Tabla 5: Requerimientos de implementación de cubierta verde edificaciones en parcelas no afectadas a disposiciones de corazón de manzana (Fuente: Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017)	48
Tabla 6: Requerimiento de implementación de cubierta verde en grandes superficies edificadas (Fuente: Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017)	49
Tabla 7: Reducción valor suficiente de transmitancia térmica envolvente térmica (Fuente: CES, 2014, p.55)	55
Tabla 8: Transmitancia Térmica mínima para cubiertas (Tablas de referencia para evaluación prescriptiva CES, 2014, p.56)	56
Tabla 9: Factores de Paisajismo (Fuente CES, 2014, p.149)	57
Tabla 1. Consumo Energético por climatización en la vivienda (elaboración propia según fuente Calificación Energética del MINVU, 2010)	70
Tabla 11. Valor venta e instalación Techo Verde extensivo y con sistema tecnológico marca ZinCo, que cumple prestaciones ambientales Cambio Climático (elaboración propia según información de ZnCo Andina Ltda. 2017)	

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

AChM:	Asociación Chilena de Municipalidades
ACERA:	Asociación Chilena de Energías Renovables A.G
AChEE:	Agencia Chilena de Eficiencia Energética
BMP:	Best Management Practice (Buenas practicas en Manufacturas)

CChC:	Cámara Chilena de la Construcción
CMNUCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas para Cambio Climático
CONAF:	Corporación Nacional Forestal
CONASET:	Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito
DGA:	Dirección General de Agua
DOM:	Dirección de Obras Municipal
DGAC:	Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile
ERNC:	Energía Renovable No Convencional
EISTU:	Estudio de Impacto Sobre el Sistema Urbano
FNDR:	Fondo Nacional de Desarrollo Regional
GEF:	Global Environment Facility
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
GORE:	Gobierno Regional
IGRA:	Internacional Green Roof City Association
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPT:	Instrumentos de Planificación Territorial
MDS:	Ministerio de Desarrollo Social
MMA:	Ministerio del Medio Ambiente
MINAGRI:	Ministerio de Agricultura
MINSAL:	Ministerio de la Salud
MINVU:	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MOP:	Ministerio de Obras Públicas

MTT:	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones
OCDE:	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OGUC:	Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones
PANCC:	Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012
PANCC-II:	Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022
PLADECO:	Plan de Desarrollo Comunal
PNACC:	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
SEC:	Superintendencia de Electricidad y Combustible
SUBDERE:	Subsecretaría de desarrollo regional y administrativa
SEREMIA:	Secretaría Ministerial Regional
SERVIU:	Servicios de Vivienda y Urbanización
SECTRA:	Secretaría Ejecutiva del Directorio de Transporte Público Metropolitano.
SHOA:	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
SISS:	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SOCC:	Congreso de Cambio Climático
UOCT:	Unidad Operativa de Control de Tránsito

GLOSARIO

USGBC: U.S. Green Building Council, El Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos es una organización sin ánimo de lucro que promueve la sostenibilidad en el diseño, construcción y funcionamiento de los edificios en EE.UU.

LEED: acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design, que significa liderazgo diseño energético y ambiental. Es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). Es un programa de certificación independiente y es el punto de referencia al nivel nacional aceptado para el diseño, la construcción y la operación de construcciones y edificios sustentables de alto rendimiento. Desarrollado en el año 2000 por el U.S. Green Building Council (USGBC), el consejo deconstrucción sustentable al nivel nacional para los Estados Unidos, mediante un procedimiento consensual, LEED sirve como herramienta para construcciones de todo tipo y tamaño. La certificación LEED ofrece una validación por parte de terceros sobre las características sustentables de un proyecto.

Techo Verde, green-roof, living-roof, techo ecológico, techo ajardinado, cubierta ecológica, cubierta ajardinada, cubierta vegetada, azotea verde: son términos usados para nombrar un techo o superficie superior de una edificación que esta total o parcialmente cubierta con vegetación, la cual se sustenta para vivir en un sistemas de capas tecnológicas y medio de crecimiento.

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC): Aprobado en diciembre del año 2014 por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, corresponde a un instrumento de política pública formulado para articular intersectorialmente lineamientos y acciones de adaptación en respuesta a los efectos del cambio climático, sobre los que Chile es altamente vulnerable de acuerdo a los determinantes establecidos por la CMNUCC.

El Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC-II): El nuevo Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC-II) es la actualización del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC-I) y es el instrumento que define la política de Cambio Climático para los próximos 6 años en el país. Las acciones que estipula están ordenadas en cuatro ejes estratégicos, a saber, Adaptación, Mitigación, Medios de implementación y Gestión del Cambio Climático regional y comunal. A cada eje estratégico le está asignada una serie de medidas concretas que se inscriben en 35 líneas de acción. Varias de estas líneas de acciones se refieren temáticamente a las líneas estratégicas o medidas específicas identificadas en el presente Plan para ciudades (Fig. 3) y 6 de las medidas del Plan para ciudades (fichas 25-27 y 33-35) corresponden directamente a medidas del PANCC-II. Por lo tanto, la implementación de ambos Planes (Plan para Ciudades y PANCC-II) requiere de la coordinación eficaz de los organismos co-responsables involucrados.

Acuerdo de París: Es la Conferencia de París sobre el Clima (COP21), celebrada en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en diciembre de 2015, en la cual 195 países firmaron el primer acuerdo vinculante mundial sobre el clima para evitar un cambio climático peligroso. Este Acuerdo establece un plan de acción mundial que pone el límite aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y tiende un puente entre las políticas actuales y la neutralidad climática que debe existir a finales de este siglo. (Comisión Europea - Acción por el Clima. <https://ec.europa.eu>). Su aplicabilidad comenzará el 2020 cuando finaliza el Protocolo de Kioto. En la actualidad los países o estados adscritos al acuerdo son 197 (Estados Unidos se retiró en junio 2017), los cuales se grafican a continuación.

Adaptación al Cambio Climático o Resiliencia: El IPCC (2013/14): Define la adaptación¹ al cambio climático como: “Un proceso de ajustes al clima y sus efectos actuales o esperados. En sistemas humanos, adaptación busca moderar o evitar impactos negativos o aprovechar los efectos beneficiosos. En algunos sistemas naturales, intervenciones del hombre podrían facilitar los ajustes al clima y sus efectos esperado”. Otro concepto que aparece relacionado al de la adaptación es el de resiliencia, que se define como la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales para hacer frente a un evento o tendencia o perturbación peligrosa, respondiendo o reorganizándose de manera que mantengan su función esencial, la identidad y estructura, al tiempo que se mantiene la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación. (<http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/02/Plan-Nacional-Adaptacion-Cambio-Climatico-version-final.pdf>)

División de Cambio Climático del MMA (DCC): Es la encargada de proponer las políticas de cambio climático y de la coordinación de los Ministerios y entidades públicas respecto al cambio climático. Algunas de las funciones específicas de la división son: la coordinación del Equipo Técnico Interministerial de Cambio Climático (ETICC), ejercer como Autoridad Designada del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Asesor técnico del Comité para la Negociación Internacional, Autoridad Designada para el Fondo de Adaptación, Punto Focal del IPCC, Punto focal de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático, Punto Focal del Proyecto EUROCLIMA+, Punto Focal de NAMA Registry, Punto Focal del Clima y Aire Limpio para la Reducción de los Contaminantes de Vida Corta, entre otras.

La División de Cambio Climático se ha estructurado en tres Departamentos:

a) De Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos

b) De Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo de Capacidades Climáticas, y

c) De Financiamiento y Negociación Internacional Climáticos

Además, actualmente reside en la DCC la Unidad Nacional de Ozono, establecida en Chile desde 1993, la cual es responsable del cumplimiento del Protocolo de Montreal y sus enmiendas, apoyando al país mediante la implementación de proyectos de inversión y asistencia técnica, actividades de difusión pública, y elaboración o modificación de normativas. (PANCC 2017-2022)

RESUMEN EJECUTIVO

...”Desde mi punto de vista, una de las cosas más importantes es mostrar que el techo es un valioso espacio abierto. Imagine un nuevo edificio con una habitación que está cerrada y no se puede usar. Por supuesto, el inversor estaría de acuerdo en que esto es un desperdicio. Pero si miramos imágenes aéreas de ciudades se puede ver una gran cantidad de espacio abierto sin usar en la parte superior de los techos. La gente parece aceptar como normal este desperdicio de espacio.” (Wolfgang Ansel, Director IGRA, 2015).

La afirmación anterior, es más relevante hoy día debido a la urgencia que nos impone el Cambio Climático, que nos impulsa a ser más creativos y rápidos en tomar la ciudad como esta ya y usar todos los medios posibles para revertir o mitigar las amenazas ambientales a las cuales nos enfrentamos cada vez más aceleradamente producto del calentamiento global.

La implementación de Techos Verdes en las ciudades, es una herramienta holística comprobada en países de todo el mundo para adaptarnos y mitigar los efectos del Cambio Climático y reducir las emisiones de los gases que producen el efecto invernadero en la atmósfera, de una manera eficaz y al mismo tiempo estética, ya que nadie puede negar que un jardín o cualquier tipo de área vegetada es un goce espiritual y físico, más aún si mediante una tecnología simple y al alcance de todos, genera eficiencia energética, evita inundaciones urbanas, filtra contaminación, y puede contribuir a la producción de alimentos orgánicos en la misma ciudad.

Esta tesis pretende sentar las bases para una normativa a ser incorporada en los instrumentos de planificación territorial en respuesta del Plan de Acción Nacional del Cambio Climático para los próximos cuatro años, y así cumplir con el compromiso ambiental de Chile de realizar acciones que contribuyan a reducir las emisiones de los gases efecto invernadero antes del 2020.

Luego se define, que los Techos Verdes para contribuir a la mitigación del cambio climático en base al análisis de exitosas estrategias internacionales en diversas ciudades con experiencias de hasta cincuenta años implementándolos, que la infraestructura verde de techos deberán tener al menos las prestaciones ambientales de Filtrar Contaminación para moderar el efecto urbano de isla de calor y mejorar la composición del aire mediante la filtración de sus contaminantes; de Manejar Aguas Lluvias para reducir el riesgo de inundaciones urbanas, mediante la disminución de las escorrentías en áreas altamente ocupadas; de Eficiencia Energética para bajar las temperaturas internas de los edificios bajando los consumos energéticos y disminuir riesgos de salud durante

períodos de calor extremo mediante técnicas de enfriamiento pasivo; de Ahorro Recurso Hídrico para reducir el uso de agua potable para riego mediante selección de especies y uso de aguas lluvias; de Reducción Isla De Calor para reducir las altas temperaturas; de Propulsar Infraestructura Verde para la conservación de biodiversidad, restauración de ecosistemas, contrarrestar islas de calor, protección contra inundaciones, mejor calidad del aire, reducción de contaminación acústica, y provisión de áreas de recreación, entre otros.

La normativa que se propone, toma como base los estándares y conocimientos que manejan los profesionales expertos en sustentabilidad de arquitectura, paisajismo y ecología hoy día en Chile, tales como las Directrices FLL, certificaciones LEED, CES, Normativa Térmica MINVU, pautas del IGRA y sistemas ZinCo, entre otras. Como también las dos intenciones de modificaciones ley a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción presentadas en los últimos cinco años para exigir la incorporación de Techos Verdes a proyectos en zonas declaradas latentes o saturadas, y a aquellos que deban presentar evaluaciones de impacto sobre el transporte urbano.

El apremio de normar que convoca esta tesis es de doble carácter. El primero, corresponde a la necesidad de cambiar el paradigma que los Techos Verdes son un jardín igual a los tradicionales pero emplazado sobre un techo, razón por lo cual se construyen mal y sin sus potenciales beneficios ambientales, que terminan estigmatizando este sistema ambiental a ser solo un sobrecosto constructivo surgido de un capricho de diseño. Y el segundo, corresponde a la necesidad urgente de cambiar el paradigma de la ciudad, de una sumatoria de sistemas que cumplen funciones únicas, a un ecosistema multi propósito, donde los Techos Verdes presentan la oportunidad de desdibujar la línea que separa lo artificial de lo natural. Hasta hoy día, el hacer urbano un territorio ha significado pavimentar la tierra, sellar las ciénagas, encauzar los ríos, rasar los cerros, detener el viento, temperar el aire, etc... cortando los ciclos y sinergias naturales, y distanciando al hombre de su entorno. Los Techos Verdes son una remediación efectiva para recuperar los balances naturales en tanto en las urbes como en el planeta, ya que las ciudades aunque representan menos del 2% de la superficie de la tierra, consumen el 78% de la energía mundial, emiten el 70% de los gases efecto invernadero, y en el caso de Chile, acogen el 87 % de la población nacional.

ABSTRACT

...” From my point of view one of the most important things is to show that the roof is a valuable open space. Imagine a new building with a room that is locked up and can't be used by anyone. Of course the investor would agree that this is a waste. But if we look at aerial pictures of cities we can see a lot of unused open space on top of flat roofs. People seem to accept this waste of space as normal.” (Wolfgang Ansel, Director IGRA, 2015).

The above statement is more relevant today due to the urgency imposed by climate change, which drives us to be more creative and hurried to take the city as it is and to use all possible resources to reverse or mitigate environmental the threats we are facing more and quicker as a result of global warming.

The implementation of green roofs in cities is a proven holistic tool in countries around the world to adapt and mitigate the effects of climate change and reduce emissions of the gases that produce the greenhouse effect in the atmosphere, in an effective and at the same time aesthetic way, since no one can deny that a garden or any type of vegetated area is spiritual and physical joy, even more if is through a simple technology available to everyone, it generates energy efficiency, avoids urban floods, filters pollution, and can contribute to the production of organic foods in the same city.

This thesis aims to lay the foundations for a regulation to be incorporated into the territorial planning instruments in response to the National Action Plan for Climate Change for the next four years, and thus fulfill Chile's environmental commitment to take actions that contribute to reduce greenhouse gas emissions before 2020.

Then, it is defined that the green roofs to contribute to the mitigation of climate change - based on the analysis of successful international strategies in various cities with experiences of up to fifty years implementing them, must have at least the environmental benefits of Filter Pollution to moderate the urban effect of heat island and improve air composition by filtering its pollutants; Manage Rainwater to reduce the risk of urban flooding, by decreasing runoff in highly occupied areas; Energy Efficiency to lower the internal temperatures of buildings by lowering energy consumption and reduce health risks during periods of extreme heat through passive cooling techniques; of Water Resource Savings to reduce the use of potable water for irrigation by selecting species and using rainwater; of Heat Island Reduction to reduce high temperatures; to Propel Green Infrastructure for the conservation of biodiversity, restoration of ecosystems, counteract islands of heat, flood protection, better air quality, reduction of noise pollution, and provision of recreation areas, among others.

The proposed regulation is based on the standards and knowledge handled by the experts in architecture, landscaping and ecology sustainability in Chile today, such as the FLL Guidelines, LEED certifications, CES, MINVU Thermal Regulations, IGRA guidelines and ZinCo systems, among others. As also the two intentions of amendments to the General Urban Planning and Construction Ordinance presented in the last five years to demand the incorporation of Green Roofs to projects in areas declared latent or saturated, and those that must submit impact evaluations on urban transport .

The urgency to norm that convokes this thesis is double character. The first, corresponds to the need to change the paradigm that the Green Roofs are a garden equal to the traditional ones but located on a roof, which is why they are poorly built and without their potential environmental benefits, which end up stigmatizing this environmental system to be only a constructive over cost arising from a design whim. And the second, corresponds to the urgent need to change the paradigm of the city, from a sum of systems that fulfill unique functions, to a multi-purpose ecosystem, where green roofs present the opportunity to blur the line that separates the artificial from the natural. To this day, the urbanization of a territory has meant paving the land, sealing the swamps, channeling the rivers, clearing the hills, stopping the wind, tempering the air, etc... cutting cycles and natural synergies, and distancing man from his environment. Green Roofs are an effective remediation to recover natural balances in urban places and on the planet, since cities, although they represent less than 2% of the surface of the earth, consume 78% of the world's energy, emit the 70% of greenhouse gases, and in the case of Chile, they host 87% of the national population.

1. CAPITULO I – INTRODUCCION

En Chile la implementación de Techos Verdes desde hace diez años ha tenido un gran desarrollo impulsado principalmente por la certificación ambiental LEED en edificios privados de gran envergadura y o emblemáticos, debido a que los Techos Verdes pueden aportar varios puntos y créditos por mejoras en el desempeño energético y ambiental del edificio. En los últimos cinco años esto se ha visto acrecentado además por la certificación sustentable CES en edificios públicos y por la implementación masiva en muchos hospitales y centros de salud públicos, ambas propiciadas como medidas estatales para mejorar la calidad de vida y eficiencia energética en el país. Más recientemente, con la elaboración de planes sectoriales y políticas ambientales para cumplir con las metas para mitigación y adaptación al cambio climático que Chile ha desarrollado, se ha hecho evidente que los Techos Verdes son una solución holística a muchos de los problemas ambientales que nos enfrentamos por los efectos del cambio climático.

Por otro lado, la similitud estética que tiene un Techo Verde con un jardín tradicional ha generado la percepción que son sistemas que no tienen mayor complejidad que un jardín sobre suelo natural, lo cual es una percepción errónea de la realidad, ya que precisamente lo que no se ve de un Techo Verde es la tecnología que está debajo de las plantas, y que permite la sobrevivencia de la vegetación en un medio tan hostil como una azotea de un edificio urbano, que está expuesto a condiciones climáticas extremas de temperatura, radiación, viento, estrés hídrico, entre otras, como también es, que esta tecnología cumple funciones tanto para la vegetación como para el edificio que no se perciben al ojo, como es mejorar la aislación térmica, acústica, de escorrentía, de protección a los daños mecánicos, radiación UV, y filtraciones al complejo de techumbre.

La ignorancia o desinformación hace que los planificadores y desarrolladores los desestimen como opción de infraestructura verde, al desconocer que pueden aportar prestaciones ambientales de suma importancia para contribuir a la mitigación del cambio climático y a mejoras u optimización de las funciones del complejo de techumbre de una edificación. Lo que lleva a la no implementación de Techos Verdes, o bien a su implementación pero con una estructura y diseño de jardín tradicional, es decir sin sistema tecnológico y paisajismo con altos consumos hídricos, que sobrecargan la estructura del edificio, sin control de escorrentía ni aportes a la eficiencia energética, además de plantación con monocultivos en vez de biodiversidad entre otras cosas.

Los Techos Verdes con tecnología datan desde hace cincuenta años en Europa principalmente y en otros países desarrollados. Esta experiencia de décadas implementando Techos Verdes en ciudades europeas y más recientemente en otros países de América, dejan en manifiesto que dentro de las estrategias de mayor incentivo para la implementación con uso ambiental de los Techos Verdes es mediante la incorporación de normas de planificación territorial urbana.

Todo lo anterior ha conllevado a que se presente la necesidad de crear normas nacionales para asegurar que la infraestructura verde de Techos Verdes presten los servicios ambientales requeridos por el PANCC. Debido a que existen las Directrices FLL, de origen alemán pero reconocida internacionalmente como el estándar para planificación, construcción y mantención de Techos Verdes, que ya es de utilización en Chile por profesionales especializados en la materia, y que no existe un estándar para cambio climático pero sí su urgente necesidad, se opta por proponer en esta tesis solo una base de normas con propósitos de cumplimiento ambiental para así agilizar su implementación, y sugerir que para regular la construcción y diseño de los sistemas en sí de Techos Verdes y jardines sobre techos, se incorpore la FLL a la normativa nacional como lo han hecho otros países que se han visto enfrentados a las mismas necesidades ambientales, y como también ha sucedido en Chile con la adopción los estándares ISO de origen europeo.

De esta manera el desarrollo de la presente Tesis Final de Grado se estructura de la siguiente forma:

En el Capítulo I, se presenta la introducción.

En el Capítulo II, se expone el problema y objetivos.

En el Capítulo III, se presenta el marco referencial.

En el Capítulo IV, se analiza implementación techos verdes.

En el Capítulo v, se expone la propuesta base de normas constructivas para implementar techos verdes que contribuyan a mitigar el cambio climático en concordancia con las metas y medidas del PACC.

En el Capítulo VI, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

2. CAPITULO II –PROBLEMA, OBJETIVOS Y JUSTIFICACION

2.1 El Problema

El Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) plantea utilizar Infraestructura Verde (IV) como medida de mitigación y adaptación en las ciudades y como meta a cumplir en los próximos 10 años, y específicamente declara la necesidad de generar diseños de proyectos piloto y de definición de estándares para IV, para poder obtener resultados y herramientas que permitan establecer en los instrumentos de planificación territorial esta política ambiental. El PANCC define como Infraestructura Verde a las áreas verdes tradicionales - como parques, plazas, jardines – y las modalidades resultantes con nuevas tecnologías como son los techos y muros verdes entre otras. Esto deja de manifiesto que existe una carencia en la legislación nacional que regule y promueva nuevas tecnologías de infraestructura verde, y reconoce específicamente que la carencia de conocimiento y estándares para regular e implementar Techos Verdes es un impedimento para su desarrollo masivo en el área urbana, y que esto va en desmedro de los aportes ambientales holísticos posibles de lograr con ellos.

Actualmente se utilizan los Techos Verdes como una estrategia sustentable para obtener certificación LEED (acrónimo en inglés de liderazgo en diseño energético y ambiental) en todo tipo de edificaciones y certificación CES (certificación de edificios sustentables) en edificios públicos. Sin embargo, por falta de normativas que permita el uso de los Techos Verdes como aislante térmico, manejo de escorrentía, filtro de contaminantes y otras prestaciones ambientales que no están reglamentadas en las ordenanzas de edificación, solo se acreditan los puntos de ahorro en agua de riego, equivalentes al 3,5% del puntaje mínimo que requiere un edificio para certificarse LEED, en comparación al 25% que podrían aportar los Techos Verdes si fueran implementados considerando el máximo de beneficios ambientales.

Recientemente son múltiples los hospitales y centros de salud pública encargados tanto por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) como el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), que han incorporado los Techos Verdes para aislación térmica y bienestar de los pacientes, sin embargo al momento de construirlos la complejidad y desconocimiento de su implementación desalienta a la empresa desarrolladora, y como no existe regulación legal ni conocimiento de sus beneficios, se opta por sistemas de jardines sin tecnología o de baja calidad tecnológica - ambiental, que terminan

siendo más un problema por su alta mantención, fallas funcionales, y enmiendas de sus componentes y diseño, que una solución ambiental y de calidad de vida como es la intención de los organismos del estado que los encargan.

Es frecuente también, que los clientes públicos y privados, empresas constructoras e inmobiliarias, consideren en sus proyectos de edificación sectores con Techos Verdes exclusivamente como áreas de paisajismo para fines recreativos y ornamentales, sin considerar sus cualidades para el manejo de escorrentía, captura de carbono, biodiversidad, descontaminación de aire, aislante acústico y térmico, por desconocimiento de la posibilidad de obtener estos beneficios del sistema. Luego el costo de invertir más recursos de tiempo en instalación, en contratación de mano de obra especializada, y en provisión de los productos tecnológicos necesarios para construir un Techo Verde, al ser comparados con los de un jardín tradicional, genera la percepción de que un techo verde es un solo un sobrecosto para satisfacer un capricho de innovación de los profesionales a cargo del diseño del proyecto de edificación.

Producto de lo anterior, se hace imperativo identificar las limitantes que restringen el desarrollo de la infraestructura con Techos Verdes, en quienes encargan, promueven y diseñan, como también en quienes proveen y construyen estos sistemas.

Lo que se busca es establecer una propuesta base que permita generar Techos Verdes con prestaciones ambientales para el cambio climático que propulse la generación de mayor infraestructura verde de calidad en la ciudad. La carencia de esta herramienta desincentiva su implementación, ralentiza su incorporación como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en los organismos públicos, y desalienta a los ciudadanos a incorporarla en sus edificaciones, tanto por la incertidumbre de sus resultados como por el desconocimiento de su potencial ambiental.

2.2 Objetivo General

Desarrollar una propuesta base de normas constructivas para implementar techos verdes que contribuyan a mitigar el cambio climático en concordancia con las metas y medidas del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC).

2.1.1 Objetivos Específicos

- i.** Caracterizar los actuales sistemas y beneficios de los Techos Verdes, mediante revisión bibliográfica y experiencia laboral en diseño, construcción, mantenimiento, venta, difusión, membrecías USGBC e IGRA y gestión asociados a la tecnología de Techos Verdes.
- ii.** Determinar las herramientas y estrategias nacionales e internacionales en las cuales se debe enmarcar el desarrollo de techos verdes, mediante revisión bibliográfica, experiencia laboral y consulta directa a entidades asociadas al desarrollo urbano y ambiental.
- iii.** Seleccionar las herramientas y estrategias más incidentes implementados por ciudades para la mitigación del cambio climático, mediante revisión bibliográfica y participaciones laborales en seminarios internacionales de techos verdes en el pasado.
- iv.** Diseñar una propuesta base de normas constructivas para implementar techos verdes que contribuyan a mitigar el cambio climático en concordancia con las metas y medidas del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC)
- v.** Crear una estructura base de normas que incorpore y adapte estándares internacionales para implementar Techos Verdes con las mínimas prestaciones ambientales que deben tener para cumplir con las metas y medidas actuales del PANCC, y promueva la creación de nuevas normas en el futuro.

2.1.2 Justificación

Lo que este estudio pretende es aportar al conocimiento de la gestión ambiental, mediante una propuesta base de normas constructivas para implementar techos verdes que contribuyan a mitigar el cambio climático en concordancia con las metas y medidas del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, que sea un modelo transferible de estrategia de mitigación al Plan de Adaptación al Cambio Climático de Ciudades en consulta pública actualmente, a la generación de una mejora en los instrumentos de planificación territorial, y contribuir también a facilitar fuentes de conocimiento y de financiamiento para su implementación en general.

3. CAPITULO III - MARCO REFERENCIAL

3.1 Marco Teórico

El gran desafío para las ciudades de todo el mundo hoy en día es la resiliencia al cambio climático, ya que en las ciudades habita más del 70 % de la población, se producen los mayores GEI, y están emplazadas mayoritariamente en valles (inundaciones) y en el borde costero (marejadas y elevación nivel agua).

Según las cifras de las Naciones Unidas las ciudades representan menos del 2% de la superficie de la tierra, consumen el 78% de la energía mundial, emiten el 70% de los GEI, y más del 50% de la población viven en ellas según el Congreso Internacional de Cambio Climático (SOCC). Para el caso de Chile, el 87% de la población vive en ciudades, siendo uno de los países más urbanos del mundo (MINVU 2017), y esta tendencia va en aumento con las nuevas urbanizaciones.

Además de ser las ciudades las principales causantes del cambio climático, son también las más vulnerables a sus efectos, ya que al menos el 13% de la población urbana vive en ciudades a menos de 10 m del nivel del mar, quedando expuestas a inundaciones marejadas y desprendimientos de tierra. El aumento de la escasez de agua afectará particularmente a las ciudades situadas en las regiones semiáridas, y en Chile el proceso global de desertificación equivale al 62% del territorio nacional, en donde el avance a regiones semiáridas y australes se ha estimado en 0,4 – 1 km por año (Cámara de Diputados 2012). Las olas de calor que afectan a las ciudades templadas, donde las construcciones no están preparadas para soportar temperaturas generan muertes y trastornos a la población. Por ejemplo en Europa se atribuyeron 70.000 muertes adicionales en la ola de calor que azotó el 2003 (OMS, 2016), y según nuevos estudios reducen el desempeño en exámenes y aprendizaje escolar, y aumentan conductas agresivas en la población general (PARK 2017).

Chile cumple con la mayoría de las características de vulnerabilidad definidas por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), esto es, pertenece al grupo de países con presencia de zonas costeras bajas, zonas áridas y semiáridas, zonas expuestas a sequías y desertificación, alta contaminación atmosférica en áreas urbanas, presencia de ecosistemas frágiles incluidos los montañosas, y con zonas propensas a los desastres naturales. (Plan de Consulta Ciudadana Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades, MMA, 2017, pág. 3).

Desde el año 1960 al actual 2017, en Chile se han registrado 16 desastres naturales derivados de situaciones climáticas extremas, y 8 desastres naturales por terremoto o aluvión, es decir un desastre natural cada dos años y medio, como se grafica a continuación:



Figura 3-1. Sucesión de eventos catastróficos en Chile para el periodo 1960-2017. Fuente: Centro de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN). Plan de Consulta Ciudadana Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades, MMA, 2017, pág. 3

El Departamento de Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo de Capacidades desarrollo el siguiente esquema que refleja los futuros escenarios y posibles impactos sobre componentes expuestos a eventos climáticos:

Principales impactos por eventos climáticos

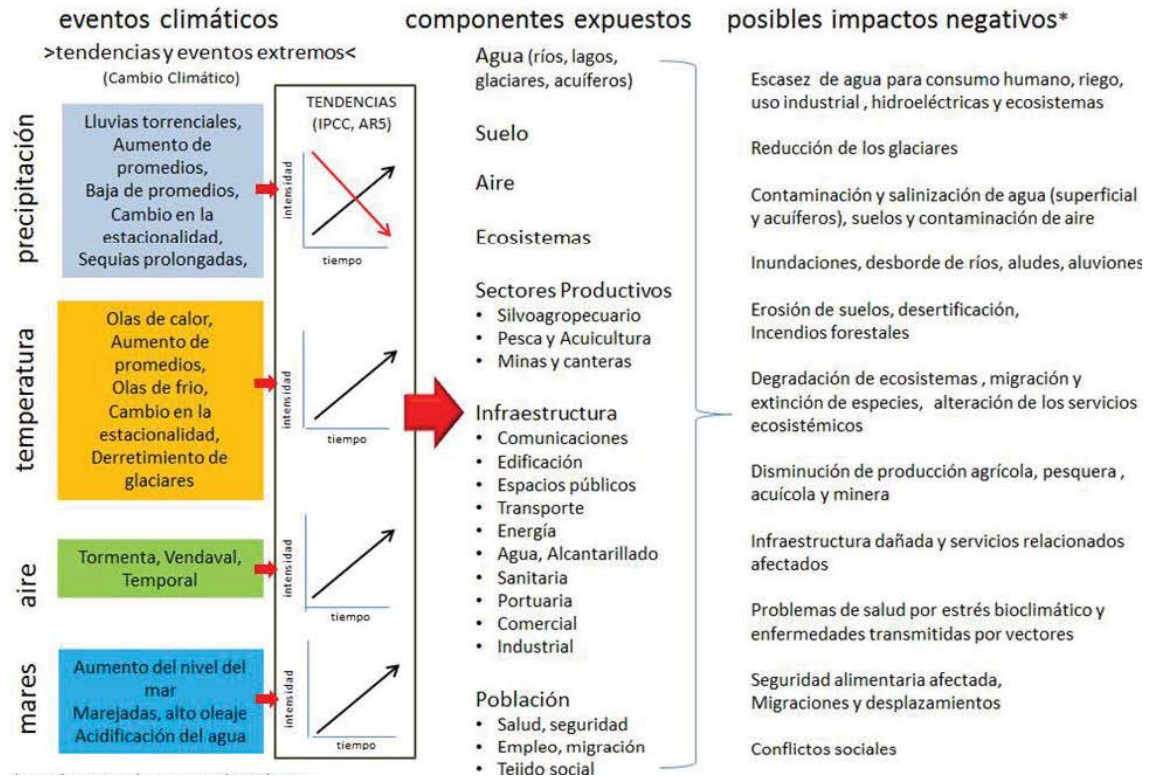


Figura 3-2. Componentes expuestos a eventos climáticos y ejemplos de los principales impactos negativos. Fuente Departamento de Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo de Capacidades, MMA, 2017)

Los principales efectos y las posibles consecuencias del cambio climático evaluados por el Ministerio del Medio Ambiente en las áreas de la salud, recursos hídricos, biodiversidad y ciudad, según la publicación periodística reciente de Villalobos, F. (2017) son las siguientes:

Temperatura: Aumento de la temperatura en el valle central y la cordillera. En la costa un leve enfriamiento. Hacia el año 2030, habría un aumento de, a lo menos, 0,5° C para las zonas sur y austral y de 1,5°C para el norte grande y el altiplano. Estos valores se incrementarían para el período 2031-2050.

Precipitación: En la zona centro-sur del país, se ha observado una disminución estadísticamente significativa de las precipitaciones. En la zona semiárida se han caracterizado por sucesiones de años lluviosos y sequías multianuales. Hacia el año 2030, se proyecta una disminución entre 5% y 15% entre las cuencas de los ríos Copiapó y Aysén y para el periodo 2030-2050 se intensificaría esta disminución. La zona entre las cuencas de los ríos Mataquito y Aysén, hay disminución de las

precipitaciones para dicho período. En la zona de Magallanes, se proyecta un leve aumento, aunque con una menor precipitación nival.

Eventos climáticos extremos:, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XXI. Aumento de noches cálidas desde el Norte Grande a Coyhaique, con disminución de las noches frías. En Santiago se registra un aumento de las olas de calor, definidas como tres días consecutivos por sobre el 90%, que corresponde a los 32.4°C. Las pérdidas ambientales, sociales y económicas en el país por este fenómeno podrían llegar a ser significativas, alcanzando al año 2100, un 1,1% anual del PIB.

Biodiversidad: Pérdida importante del patrimonio genético nacional por un alto endemismo. Al año 2050, se estima que el bosque caducifolio templado-antiboreal andino en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena; bosque caducifolio mediterráneo costero y bosque espinoso mediterráneo interior de Acacia, ambos en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins) serían los más afectados ya que los bioclimas asociados a ellos parecen desconfigurarse.

Recursos Hídricos: Reducción significativa de los caudales medios mensuales en las cuencas entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos y elevación de la isoterma de 0°C. Retroceso de glaciares sería significativo, afectando los aportes de agua en los períodos secos. En el extremo austral, un leve aumento de los caudales disponibles. Para el Norte Grande y Norte Chico, habría una mayor ocurrencia de períodos de escasez hídrica y eventos de lluvias extremas.

Salud: En la zona centro-sur, un aumento de enfermedades transmitidas por roedores y garrapatas (hantavirus y rabia). En el norte grande, el desarrollo de enfermedades vectoriales como malaria y dengue. Disminución de la calidad y disponibilidad de agua y alimentos por sequías e inundaciones, podría tener impactos en la nutrición y calidad de vida y en el incremento de la incidencia de algunas enfermedades no transmisibles. Deterioro de la calidad del aire podría incrementar muertes prematuras, disminución en el rendimiento de los cultivos agrícolas y daño a los ecosistemas.

Infraestructura: Riesgo en la infraestructura pública por alta frecuencia de precipitaciones extremas asociadas a aluviones, aludes, desbordes de ríos e inundaciones. Aumento en la intensidad y frecuencia de las marejadas, poniendo en riesgo a las poblaciones que habitan en el borde costero y los servicios ambientales y actividades económicas asociadas, afectando la operación de puertos, caletas y playas.

Energía: Potencial de generación hidroeléctrica del Sistema Interconectado Central presentará disminuciones que irán de un 11% (período 2011-2040) a un 22% (período 2071-2099).

Sector Silvoagropecuario: Desplazamiento de los cultivos hacia el sur junto a una menor disponibilidad de aguas para riego en la zona centro, generando cambios en la producción y en los ingresos netos, siendo negativos en las zonas norte y centro, y positivos en las zonas sur y austral.

Pesca y acuicultura: La captura de anchoveta podría verse incrementada si la temperatura superficial del mar disminuye en 0,02°C por año, pero ocurriría lo contrario si aumenta en 0,034 ó 0,025°C por año. Leves disminuciones (5%) en las capturas de la pesca con palangre del pez espada si la temperatura aumenta entre 1,0 y 2,3° C hacia el año 2050. Nivel medio del mar se incrementaría entre 5 y 10 cm al año 2050 y entre 12 y 28 cm al año 2100.

Turismo: Una condición más tropical en el norte del país, puede tener efectos positivos en el turismo de costa; sin embargo, otros impactos sobre este sector serían negativos, como el ascenso de la línea de nieves, el derretimiento de glaciares, la aceleración de los ciclos reproductivos de distintas plagas (zancudos en el norte grande, tábanos y coliguachos en el centro y sur, algas -como el Didymo- en la zona sur y austral). Impacto negativo en los campos de hielo y glaciares de la zona austral, conllevaría efectos negativos sobre el turismo, que representa una parte importante de las actividades económicas de la región.

Ciudades: El aumento de temperatura y reducción de precipitaciones preocupa especialmente en las ciudades, que son las zonas donde se concentra la mayor parte de la población chilena y donde la demanda por el recurso hídrico aumentará. Las olas de calor pueden verse acentuadas por las características de la urbanización. Se proyecta una presión adicional sobre el suministro de agua potable (con inversión mayor para alcanzar la calidad normada), el alcantarillado, los sistemas de energía y los servicios de transporte; también, se espera una mayor presión sobre los servicios de salud, especialmente entre la población de estratos socioeconómicos más bajos. Aumento de condiciones de mala ventilación para los valles centrales de Chile en la época de invierno con el consiguiente agravamiento de los problemas de contaminación atmosférica existentes.

3.1 Marco Legal

3.1.1 Plan de Acción Nacional al Cambio Climático (PANCC – PNACC II)

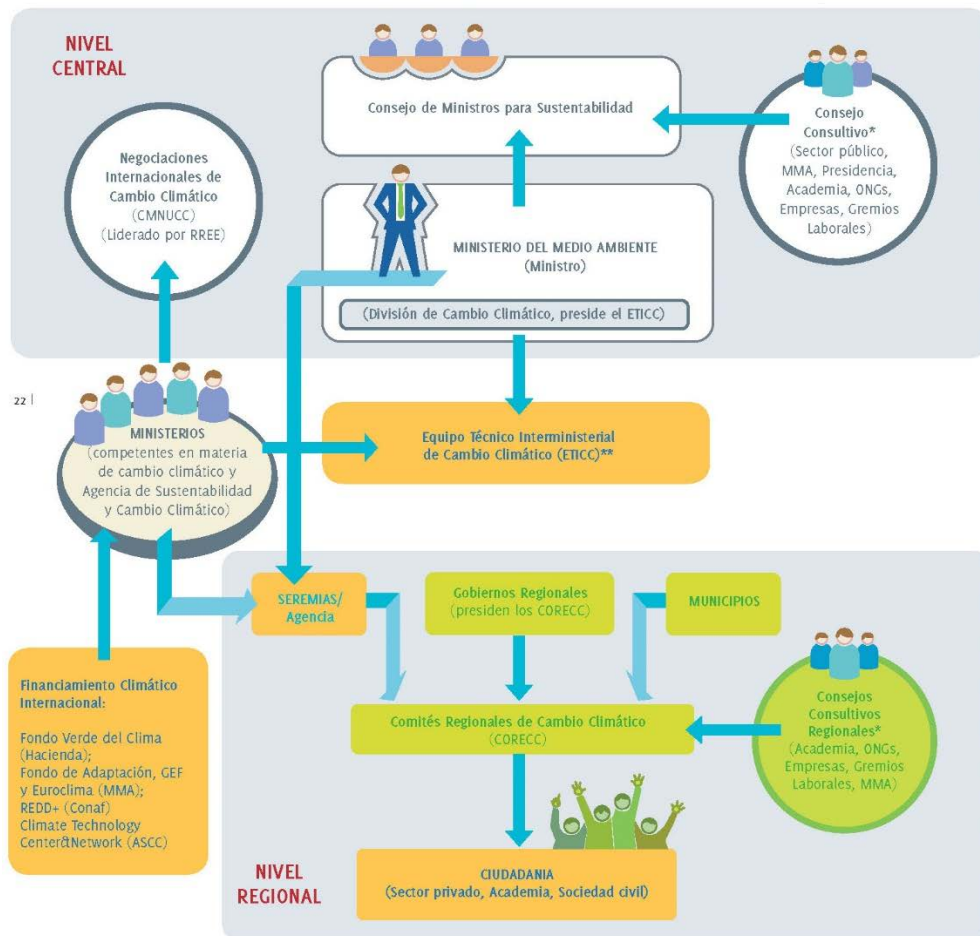
En respuesta a los desafíos que presenta el cambio climático a nivel global, en 1994 entró en vigencia la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo objetivo fundamental es estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. Al año siguiente Chile ratificó la CMNUCC, entrando en vigencia como Ley de la República el 13 de abril de 1995 (<http://www.enccrv-chile.cl>)

El año 2005 el gobierno de Chile ratifica el Protocolo de Kioto, y el 2006 elabora la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), y el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC), cuyo objetivo es minimizar los impactos adversos al cambio climático mediante líneas de acción acotadas a un periodo breve de 4 años, para generar una base que propulsara un segundo plan mejorado posteriormente. En este contexto, estableció entre sus metas la elaboración e implementación del Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático (PNACC-I) y siete planes sectoriales de adaptación, a saber: Silvoagropecuario, Biodiversidad, Pesca y Acuicultura, Salud, Infraestructura, Energía y Recursos Hídricos. (<http://www.mma.gob.cl>)

La legislación que creó al Ministerio del Medio Ambiente (MMA) el 2010, estableció que le corresponderá a este ministerio proponer políticas y formular los planes y programas de cambio climático. Consecuentemente se creó la Oficina de Cambio Climático (OCC) el mismo año, y que pasó a constituirse como División de Cambio Climático (DCC) en el presente año 2017 (<http://www.mma.gob.cl>)

El 2014 se conformó el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (CMSCC) – previamente Consejo de Ministros para Sustentabilidad (CMS) - compuesto por los Ministerios del Medio Ambiente, Agricultura, Hacienda, Salud, Economía, Fomento y Reconstrucción, Energía, Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Minería y Desarrollo Social, para deliberar la política pública, regulación general y negociación internacional en materia ambiental.

El 2014 el CMS inicio la etapa de diseño del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2017-2022 (PNACC II), orientado a la implementación de medidas para adaptación a los efectos concretos del cambio climático y con ello reducir la vulnerabilidad de país (<http://www.mma.gob.cl>), el cual fue sometido a consulta ciudadana y aprobado el 2016. En este se propone una estructura operativa para su implementación de acuerdo al esquema indicado en la figura siguiente:



*Ley N° 20417 Ley de Medio Ambiente;

** ETICC: Equipo Técnico Interministerial de Cambio Climático, integrado por los puntos focales de los ministerios competentes en materia de Cambio Climático (Ministerio de Hacienda, Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Defensa Nacional, Ministerio de Desarrollo Social, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Educación, Ministerio de Energía, Ministerio de Salud, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Ministerio de Minería Pública, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Corporación de Fomento de la Producción del Ministerio de Economía, Ministerio del Medio Ambiente, entre otros) y la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático.

Figura 3-3. Institucionalidad para la elaboración, implementación y seguimiento de las actividades del PANACC-II (recuperado <http://portal.mma.gob.cl/plan-de-accion-nacional-de-cambio-climatico-2017-2022-pancc-ii/>)

Uno de los puntos relevantes de implementación es la constitución en cada región de un Comité Regional de Cambio Climático (CORECC), presidido por el intendente y conformados por

representantes de servicios públicos y académicos, para coordinar las estrategias y acciones públicas en materias de mitigación y adaptación. En la actualidad se han constituido comités en las regiones de Los Ríos, La Serena, Región Metropolitana, Aysén, Tarapacá, Valparaíso y Atacama

La División de Cambio Climático del MMA (DCC) propone las políticas de cambio y coordina a los ministerios y entidades públicas, estructurándose en tres departamentos; de Mitigación e Inventario de Contaminantes Climáticos, de Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo de Capacidades Climáticas, y de Financiamiento y Negociación Internacional Climáticos

En este contexto, se estableció como metas la elaboración e implementación del Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático (PNACC-II) y siete planes sectoriales de adaptación, a saber: Silvoagropecuario, Biodiversidad, Pesca y Acuicultura, Salud, Infraestructura, Energía y Recursos Hídricos, a los cuales se agregaron en 2014 los sectores Ciudades y Turismo (<http://www.mma.gob.cl>).

En 2016 se instauró la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC) para fomentar acuerdos público-privados y la ejecución de programas y proyectos, que aporten a la construcción de una economía baja en carbono y al cumplimiento de los compromisos de Chile en el Acuerdo de Paris ([http:// www.agenciasustentabilidad.cl](http://www.agenciasustentabilidad.cl))

En julio de presente año 2017, la Presidenta de la República, Michelle Bachelet anunció que se implementará un proyecto de ley que fortalezca la institucionalidad para el Cambio Climático y recalco que “a la dura realidad del cambio climático, tenemos que ofrecer una realidad de soluciones” e hizo un llamado a cada uno de los chilenos a comprometerse con esta causa: “ este no puede ser un esfuerzo que dure un ratito, tiene que ser un esfuerzo persistente, sostenido, en que la voluntad de cambios no dependa de unas pocas personas, sino que se integre orgánicamente en el funcionamiento del país. Y, por cierto, en nuestra cultura, porque hasta las decisiones individuales y personales frente a muchas otras cosas, influyen si uno está contribuyendo a que el cambio climático se acelere o no. No hay alternativas; es lo inteligente, es lo solidario, es lo urgente” (<https://prensa.presidencia.cl/comunicado.aspx?id=57182>)

3.1.2 Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades (PACC - Ciudades)

El Plan de Adaptación Nacional al Cambio Climático nació como una acción del PANCC para abordar las estrategias de adaptación. Este a su vez, definió planes de adaptación sectoriales, dentro del cual se encuentra el Plan de Adaptación al Cambio Climático de Ciudades (PACC – Ciudades), el cual corresponde a la Meta 11 de la Línea de Acción 3 del PANCC, y tiene como líneas prioritarias a desarrollar:

- Planificación y ordenamiento territorial e incorporación de las variables de cambio climático en el desarrollo urbano de planes a nivel local, de manera de enfrentar adecuadamente las olas de calor, inundaciones o sequías, u otros problemas asociados, como también para la adaptación a las nuevas condiciones climáticas.
- Desarrollo de mapas de vulnerabilidad de la ciudad e identificación de zonas de riesgo, frente a eventos meteorológicos a los que se expone la zona urbana, producto del cambio climático.
- Plan de contingencia y capacidad de respuesta de los servicios de la ciudad frente a emergencias de distinta índole: eventos extremos, destrucción de infraestructura mayor, emergencias sanitarias, abastecimiento de agua y alimentos, etc.
- Desarrollo de líneas de acción específicas para los recursos hídricos, la energía y la salud, considerando las características de cada ciudad, población, actividades económicas, fuentes de abastecimiento de aguas y energía, etc.
- Desarrollo de líneas de acción para otros sectores y servicios de importancia en la ciudad y que puedan verse influidos por los efectos del cambio climático.
- Educación de la población en: la protección y el uso eficiente de los recursos hídricos y energéticos, los planes de contingencia de la ciudad frente a emergencias, las zonas de riesgo y vulnerabilidad frente a eventos extremos y otros temas de relevancia para la ciudad.

Las sinergias entre adaptación y mitigación del PACC de Ciudades establecen cinco ejes de acción los cuales se listan a continuación:

- I. Mitigación-Salud- Calidad de Aire: Reducir las emisiones GEI y las emisiones de partículas sólidas “inhalables” de tipo PM 2,5 y PM10

- II. Mitigación-Salud-Islas de Calor: Reducir la concentración de actividades urbanas y su consecuente impacto en la concentración de las emisiones de GEI.
- III. Mitigación- eventos extremos -infraestructura verde: Impulsar proyectos de infraestructura verde en las ciudades de acuerdo a sus necesidades específicas, además de la prevención de la deforestación en zonas periurbanas, contribuiría en una mayor captura del CO₂, a la vez que se aumentaría la capacidad de adaptación ante eventos climáticos extremos causantes de inundaciones, aludes, olas de extremo calor, entre otras manifestaciones urbanas.
- IV. Mitigación-recursos hídricos-diversificación energética: Reducir la dependencia del uso de plantas generadoras de energía tradicional (termoeléctricas, hidroeléctricas) favoreciendo el uso de fuentes alternativas (energía fotovoltaica y eólica).
- V. Mitigación-eficiencia energética-construcción de viviendas e infraestructura: la reducción de las emisiones de GEI desde las viviendas depende de que ellas cuentan con estándares de aislamiento térmico que permitan reducir la necesidad de sistemas complementarios para su climatización

Para cumplir con los objetivos de los cinco ejes descritos, se presentan cuatro líneas estratégicas para abordar el proceso de adaptación:

- i. Fortalecer la capacidad de gestión local ante eventos climáticos adversos.
- ii. Coordinación intersectorial, interinstitucional e internacional.
- iii. Planificación y gestión territorial y urbana.
- iv. Acciones sinergias mitigación-adaptación y estudios.

3.1.3 PACC – Ciudades y Techos Verdes

Para cumplir con los objetivos de las cuatro líneas estratégicas mencionadas en el punto anterior, se elaboran treinta y cinco medidas en total para la adaptación de las ciudades, dentro de los cuales se destacan las siguientes medidas (ver Apéndice 7) relacionadas directamente con normativa vinculantes a la implementación de Techos Verdes para mejoras en captura de carbono, eficiencia energética, biodiversidad, ahorro hídrico, manejo aguas lluvias entre otras, las cuales son:

Medida 8: Considerar la adaptación al cambio climático desde la normativa urbana y planificación territorial. Línea Estratégica Planificación Territorial y Proyectos Urbanos. Objetivo de la medida Abordar el cambio climático desde la planificación territorial y normativa urbana.

Medida 11: Contribuir al proceso de adaptación al Cambio climático desde los proyectos urbanos e infraestructura. Línea Estratégica Planificación Territorial y Proyectos Urbanos. Objetivo de la medida Avanzar en el desarrollo de proyectos urbanos e infraestructura que contribuyan en la reducción de los escenarios de riesgo climático en las ciudades.

Medida 12: Impulsar proyectos de infraestructura verde en ciudades. Línea Estratégica Planificación Territorial y Proyectos Urbanos.. Objetivo de la medida: Avanzar en el manejo de la infraestructura verde en ciudades, e impulsar proyectos piloto para ampliar su provisión en distintas escalas.

Medida 14: Mejorar la capacidad de adaptación de proyectos de espacio público, en un contexto de cambio climático. Línea Estratégica Planificación Territorial y Proyectos Urbanos. Objetivo de la medida: Mejorar los proyectos de espacio público mediante el desarrollo de diseños y pertinentes con el entorno local, respondiendo tanto a problemáticas urbanas, como a los desafíos de adaptación de las ciudades ante el cambio climático.

Medida 20: Desarrollar edificación pública e infraestructura sustentable. Línea Estratégica Acciones Sinergias Mitigación-Adaptación y Estudios. Objetivo de la medida Continuar e implementar en edificios de uso público y en la infraestructura pública, el diseño pasivo y la eficiencia energética a través de los Términos de referencia estandarizados de eficiencia energética y confort ambiental (TDRe, en adelante) de la Dirección de Arquitectura (DA) del MOP y la exigencia de la Certificación para Edificios Sustentables (CES) e Infraestructura Sustentable. El objetivo principal es incorporar en la edificación e infraestructura pública, conceptos de Diseño Pasivo, Eficiencia Energética y Sustentabilidad, tendiente a proveer al país de edificios e infraestructura diseñados, construidos térmicamente eficientes, con mejorados estándares ambientales y con menores consumos energéticos, acordes con los desafíos que impone el mejor uso de nuestros recursos, el cuidado del medioambiente (cambio climático) y la ejecución de mejores ciudades para el desarrollo humano.

Medida 23: Dar continuidad y fortalecer el proceso de Calificación Energética de Viviendas.

Línea Estratégica Acciones Sinergias Mitigación-Adaptación y Estudios. Objetivo de la medida: Entregar información objetiva a los usuarios de edificaciones de uso residencial, con la finalidad de informar sobre los atributos de eficiencia energética que posee la vivienda, que repercutirá en ahorros de consumo en calefacción, iluminación, y uso de agua caliente.⁴

Medida 24: Mejoramiento de la eficiencia energética de las viviendas. Línea Estratégica Acciones Sinergias Mitigación-Adaptación y Estudios. Objetivo de la medida: Continuar y fortalecer el proceso de mejoramiento de la eficiencia energética de las viviendas económicas construidas mediante programas habitacionales MINVU o adquiridas con subsidios del Estado.

Medida 25: Desarrollar viviendas sustentables, adaptadas al cambio climático. Línea Estratégica Acciones Sinergias Mitigación-Adaptación y Estudios. Objetivo de la medida Potenciar la construcción de viviendas con criterios de sustentabilidad mínimos y su sistema de certificación de cumplimiento.

Medida 26: Disminuir el consumo energético en climatización para familias vulnerables (vinculada con Ficha AME6 de MINENERGIA en PANCC-II). Línea Estratégica Acciones Sinergias Mitigación-Adaptación y Estudios. Objetivo de la medida: Alcanzar estándares de confort térmico y lumínico en las viviendas de familias vulnerables de Chile (Lineamiento estratégico N°13 de la PEN).

Medida 30: Utilización eficiente del recurso hídrico en parques, plazas y jardines. Línea Estratégica Acciones Sinergias Mitigación-Adaptación y Estudios. Objetivo de la medida: Racionar el recurso hídrico en parques y plazas para asegurar su utilización eficiente, evitando gastos excesivos.

3.1.4 Propuesta Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Región Metropolitana y Techos Verdes

El Plan de Adaptación al cambio climático para la Región Metropolitana de Santiago de Chile del 2012, es el resultado principal del proyecto Clima Adaptación Santiago (CAS) y sus socios el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (GORE), el Ministerio de Medio Ambiente Nacional (MMA) y la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente (SEREMI MMA).

Adicionalmente, y otros participantes representando distintas organizaciones de los sectores público, privado, académico y la sociedad civil participaron activamente en su elaboración.

Lo destacable de este plan para la presente tesis, es que en las medidas de adaptación se plantea directamente como una medida los Techos Verdes, específicamente en la medida 4: Programa para la Implementación de Techos Ecológicos (Techos Verdes), y en otras medidas los Techos Verdes forman parte de las acciones.

A continuación se mencionan los aspectos más relevantes de esa medida (Ver Apéndice 8 para la medida completa y detalles de aplicación):

- **Medida 4: Programa para la Implementación de Techos Ecológicos:** En la RMS ya se han desarrollados proyectos que utilizan directrices ecológicas en su diseño arquitectónico, ya sea mediante la incorporación de cubiertas verdes o usando materiales ambientalmente eficientes. Estos edificios en su mayoría, corresponden a intervenciones voluntarias. En muchos de los casos, el uso de cubiertas vegetales en los edificios se ha hecho con fines estéticos más que ambientales. Contenido: Para la Región Metropolitana se propone la implementación de techos verdes basada en la Ley General de Urbanismo y Construcción. Esta medida se refiere a techos de nuevas construcciones con una superficie construida mayor de 2.000 m², con hasta un 60% de zona ajardinada.
- **Metas y (Co-) Beneficios:** Entre los beneficios se encuentran la disminución de la temperatura en como mínimo 2°C, la reducción del riesgo de inundaciones urbanas, mediante la disminución de las escorrentías, el mejoramiento de la composición del aire mediante la filtración de sus contaminantes, la reducción de la demanda energética, y la creación de nuevos espacios de esparcimiento y recreación.

3.1.5 Proyectos Ley para modificar la Ley General De Urbanismo y Construcción con el objetivo de incorporar Techos Verdes

Existen dos Proyectos de Ley, el primero fue presentado el 15 de noviembre del 2006 mediante el Boletín N° 4682-14 al Senado como “Moción Proyecto de Ley de Modifica la Ley General de Urbanismo y construcción estableciendo Normas sobre Cubiertas Ecológicas” (Techos Verdes), el cual proponía el siguiente artículo: “Las solicitudes de permisos de construcción de edificios en

áreas declaradas como zona saturada o latente por concentración de contaminantes en el aire conforme lo dispuesto por la ley 19.300, deberán contemplar la construcción de cubiertas ecológicas. Lo anterior se deberá contemplar en una proporción de, a lo menos, 50 metros cuadrados de cubierta ecológica por cada 1.000 metros cuadrados construidos. En el caso de áreas urbanas que no estén afectas a alguna de las declaraciones señaladas en el inciso anterior, las solicitudes de permisos de construcción deberán acompañar antecedentes sobre la factibilidad de la construcción de cubiertas ecológicas, y en su caso, las razones que justifiquen la negativa a incorporarlas en el proyecto definitivo. Se entiende para efectos de esta ley como cubiertas ecológicas a aquella capa vegetal emplazada en el techo o fachadas laterales de una construcción. El reglamento establecerá las menciones y antecedentes concretos que deberán acompañar los solicitantes de permisos de construcción en relación a las cubiertas ecológicas, como las características y especificaciones técnicas que se deberán observar en su construcción.” Este proyecto de Ley se encuentra archivado y fue presentado por el Senador Antonio Horvath Kiss y cuatro senadores más. (Ver el documento completo en Apéndice 12).

El segundo Proyecto de Ley con fecha del 28 de enero del 2016 mediante el Boletín N° 10549-14 (ver Apéndice 10) se presentó a la Cámara de Diputados la “Moción Parlamentaria para Modificación Ley General De Urbanismo y Construcciones con el objetivo de exigir la incorporación de Techos Verdes en las obras de edificación y urbanización”, cuya finalidad es establecer obligatoriedad a los proyectos de construcción de edificios habitacionales, comerciales, industriales, de oficina, bodegaje o cualquier otro tipo, cuyo flujo de acceso requiera la elaboración de un Estudio de Impacto sobre el Sistema de Transporte Urbano, EISTU y/o su construcción contemple edificios de bloque (s) de departamentos(s), y otros que el reglamento señale, la construcción de un Techo Verde (ó cubierta vegetal), en las dimensiones y proporciones que el mismo reglamento señale, no pudiendo ser inferior al 50% de la cabida basal de la construcción. También declara que se entenderá por Techo Verde toda manta de vegetación que se puede instalar sobre techos de edificaciones nuevas o existentes, para impermeabilizar, aislar térmicamente, manejar las aguas lluvias, y aumentar las áreas verdes, contribuyendo así a disminuir el fenómeno de isla de calor y cambio climático de los centros urbanos. Este Proyecto de Ley se encuentra en etapa de Primer Trámite Constitucional, y fue firmado por la Diputada Karla Rubilar Barahona y ocho diputados más. (Ver el documento completo en Apéndice 11).

4. CAPITULO IV – ANALISIS IMPLEMENTACION TECHOS VERDES

4.1 Sistema de Techo Verde

Un Techo Verde y un jardín tradicional se ven similares por arriba, es decir a nivel de follaje, pero son totalmente distintos bajo el. Un Techo Verde es un sistema que permite crear infraestructura vegetal sobre una edificación cualquiera, compensando la desconexión de las plantas a la ilimitada profundidad del suelo natural, con un delgado sistema tecnológico compuesto de medio de crecimiento, geotextiles y bandejas drenantes – retenedoras, que en conjunto crean una napa de agua y aire sobre la superficie pavimentada; asegurando la vida de las plantas en iguales o mejores condiciones que en la naturaleza misma.

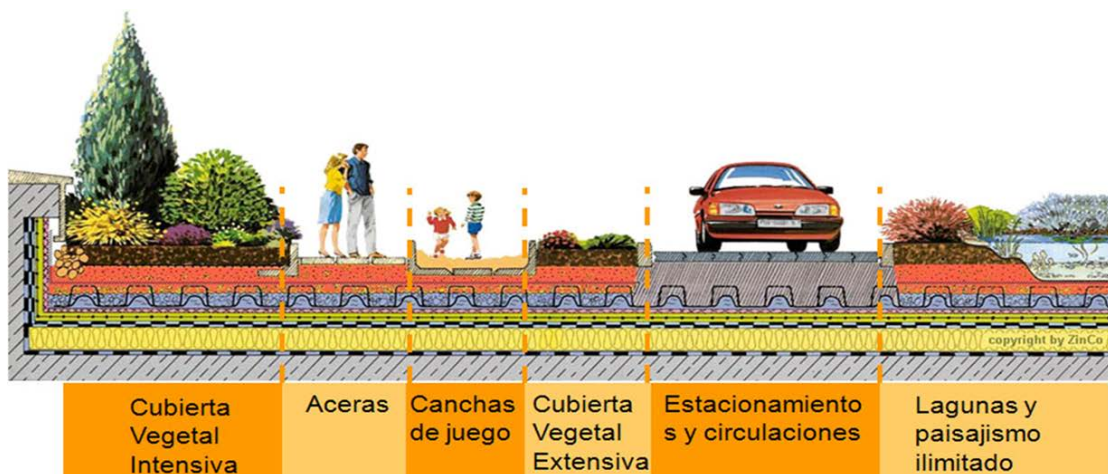


Figura 4-1: Esquema de instalación Techo Verde (Fuente ZinCo GmbH, 2014)

La escala de intervención de un Techo Verde abarca desde una casa a una ciudad entera.



SUELOS IMPERMEABLES, SUPERFICIES DURAS, COMPLEJOS DRENAJES =
INUNDACIONES, CONTAMINACIÓN, CAROS ALCANTARILLADOS



SUPERFICIES POROSAS, TECHOS VERDES, JARDINES DE LLUVIA = AGUA
LIMPIA. AIRE PURO. BALANCE ENTRE HOMBRE Y NATURALEZA

Figura 4-2: Dimensión urbana Techo Verde (Fuente: Habitat Sustentable Ltda, 2017)

Sus componentes se acoplan de la siguiente manera:

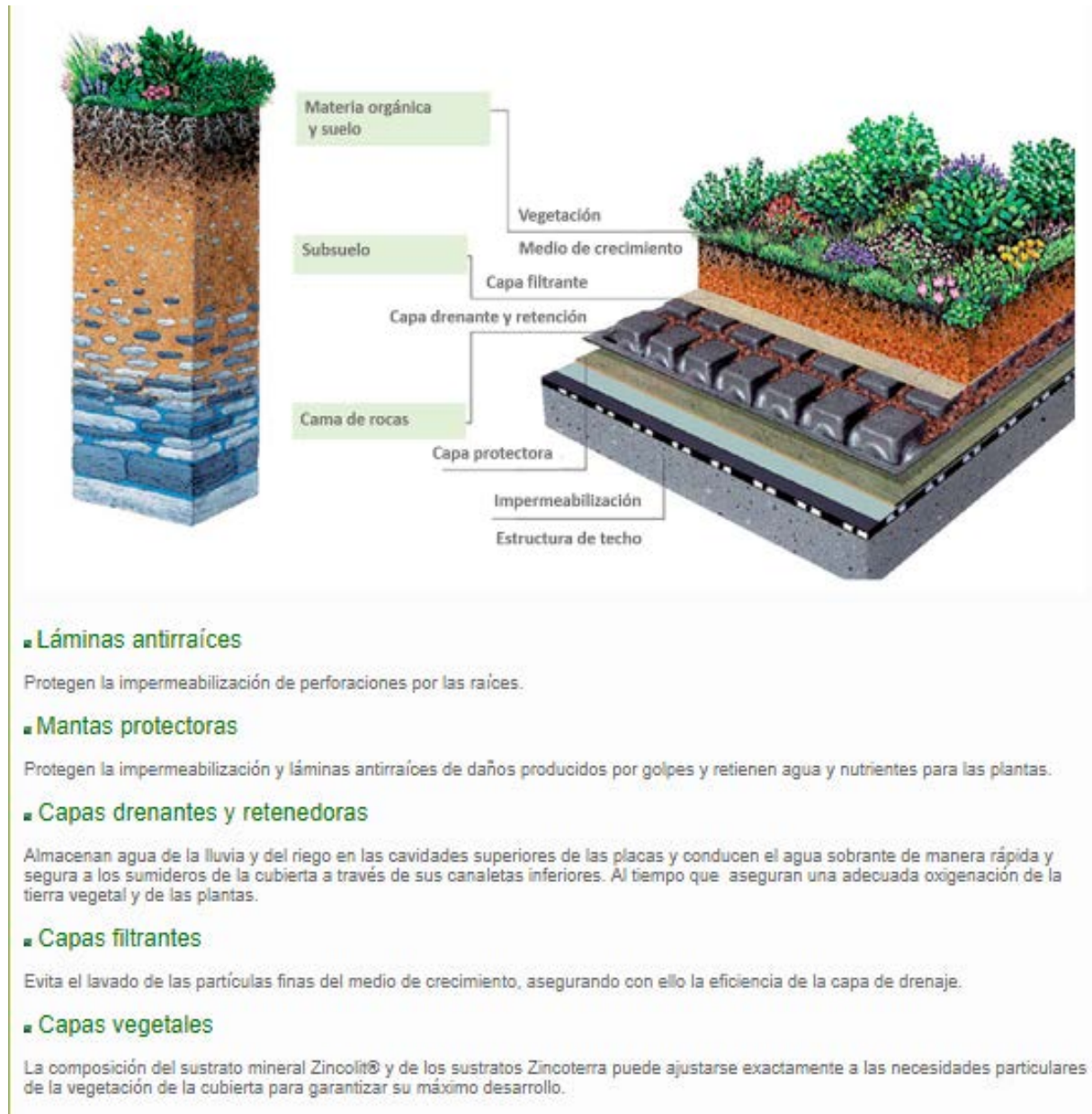


Figura 4-3: Composición de un Techo Verde (recuperado de <http://www.zinco.cl/web/>,2017)

A través de los años se han desarrollado varios tipos de Techos Verdes para adaptarse tradicionalmente a las necesidades del cliente, del clima, del edificio, y de la protección de la impermeabilización.



Cubierta ecológica extensiva



Cubierta ajardinada intensiva



Energía solar y cubierta verde



Cubierta inclinada



Cubierta peatonal



Cubierta transitable de vehículos

Figura 4-4: Tipologías de Techos Verdes Tradicionales (Elaboración propia de archivos ZinCo Andina Ltda. 2016)

En los años recientes se han desarrollado nuevas para contribuir a la resiliencia urbana al cambio climático, al contrarrestar efecto invernadero, a fomentar la agricultura orgánica urbana, y a acrecentar áreas de recreo por la pérdida de espacio natural.

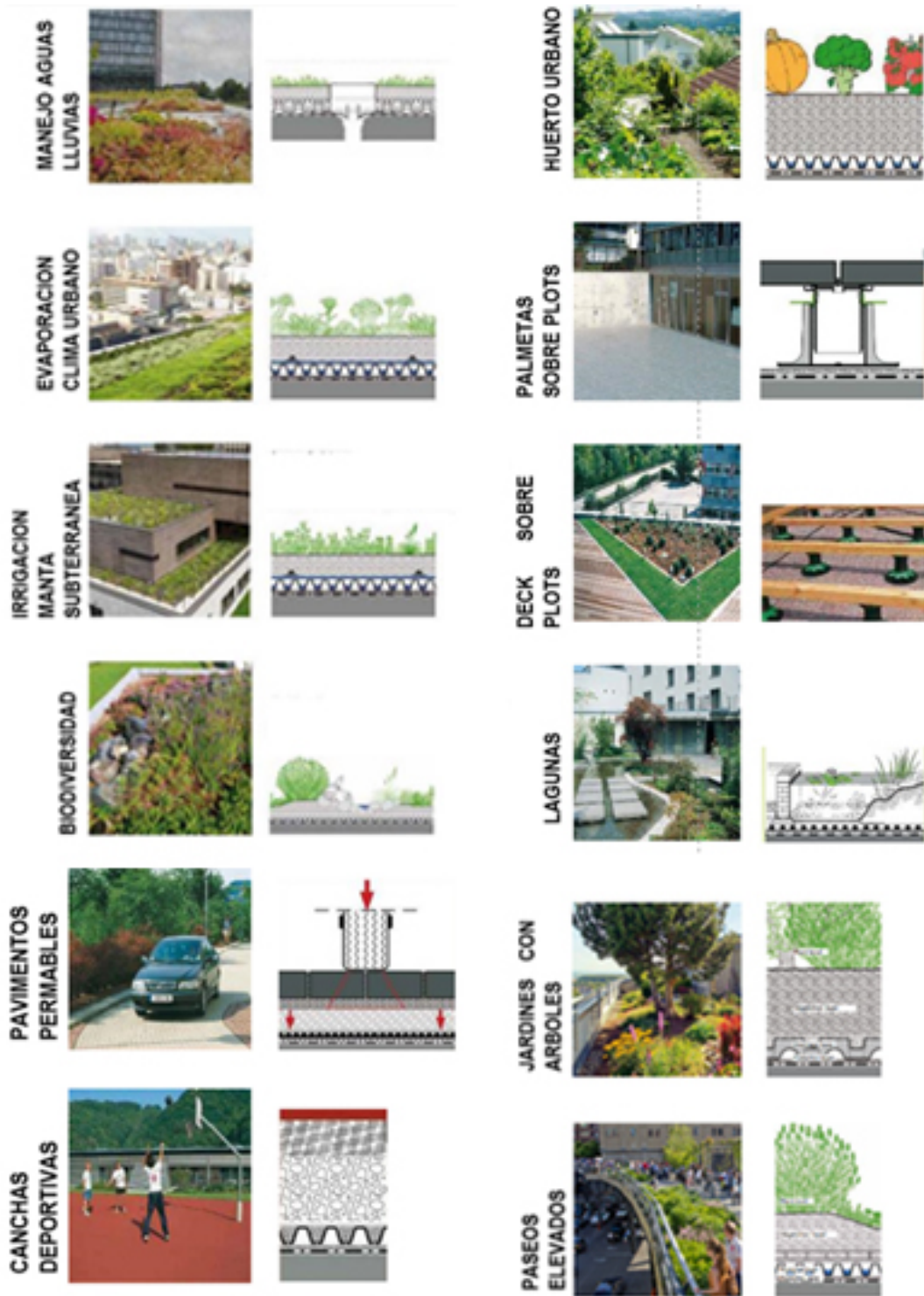


Figura 4-5: Nuevas Tipologías de Techos Verdes (Elaboracion propia de Habitat Sustentable Ltda., 2016).

4.2 Beneficios de los Techos Verdes

El desarrollo de Techos Verdes a nivel mundial genera constantes aportes ambientales, económicos y sociales. Algunos aportes fueron intencionados, y otros han surgido de la observación e investigación de experiencias con techos verdes en diversos climas y situaciones constructivas, de tal suerte que hoy al analizar el estado de la arte se detectan mayores beneficios que los tradicionales mencionados, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

4.2.1 Beneficios Económicos

- Disminución Tributaria y de Coeficiente de Constructibilidad: Municipios en Perú, Canadá, México, Alemania, Japón y otros países tienen programas con beneficios tributarios y de Coeficiente de Constructibilidad para fomentar la implementación de Techos Verdes en viviendas y edificios de infraestructura urbana.
- Disminución Costos Drenaje y Daños Aguas Lluvias Urbanos y Edificio: 50-90% reducción por retención y retraso de escorrentía disminuyendo diámetros y capacidades de ductos y estanques, además de evitar inundaciones y erosión. (Techo normal retiene máximo 24% de lluvia)
- Disminución Costo Agua Riego: 20-50% reducción cantidad de agua, además de aumento de infiltración en terreno natural.
- Disminución Costo Renovación Impermeabilización: 100% o más aumento vida útil impermeabilización al disminuir daño mecánico por exposición UV y tránsito. Se estima que la vida útil de un techo verde y su impermeabilización promedia los 40 años.
- Disminución Costo Energía Climatización: 5-25% reducción costo energía refrigeración edificación por efecto de aislación térmica y evaporación simultánea (Chicago 1m² = 1,25 kWh año menos)
- Disminución Costo Salud Contaminación Aire: Reducción costo salud por enfermedades respiratorias (Bogotá con 4% de edificaciones con techos verdes limpiaría contaminación autos)
- Disminución Costo Recreación: Reducción en compra de predio e implementación de seguridad para áreas recreacionales al utilizar los techos de los edificios. Disminución de costos viaje fuera de la ciudad para actividades recreativas al aire libre.

- Aumento Eficiencia Equipos Mecánicos y Paneles Solares: El aire ingresa previamente temperado y filtrado desde techo (hospitales e industrias) y paneles solares aumentan eficiencia la misma razón.
- Ahorro en Estructura: Techo Verde: desde 120 kg/m² (e: 10 cm). Jardín tradicional: desde 400 kg/m² (e:40 cm)
- Ahorro Estanques Infiltración Aguas Lluvias: Desde 10-50 lts/m² y más.

4.2.2 Beneficios Ambientales

- Provee Manejo Aguas Lluvias: Por reducción de escorrentía e aumento de infiltración a terreno.
- Mejora el Microclima Urbano: Por evaporación, aislación térmica y absorción de radiación solar. Por reducción de gases efecto invernadero producto de reducción de consumo de energía.
- Mejora Resiliencia Urbana: Disminuye efectos negativos lluvias y extremas de temperatura.
- Filtra Polvo y Smog: Vegetación y medio de crecimiento atrapan partículas finas y minerales del aire, neutralizando lluvia ácida.
- Mejora Aislación Ruido: Reducen el sonido reflectante hasta 2dB y mejoran aislamiento acústico hasta 8dB
- Provee Habitat Para La Biodiversidad: Reintroduciendo hábitats naturales desplazados por ciudad (Caso abejas).
- Apoya El Reciclaje: El medio de crecimiento puede tener hasta un 80 % de materiales inorgánicos reciclados como ladrillo y cerámicas industriales, y los drenajes reciclado de polietileno y caucho.
- Reduce La Concentración De Co₂: Capturan CO₂.
- Unidad Bioclimática y Ambiental Multipropósito: En una misma partida y costo se logra aislación térmica, acústica, acumulación/filtración agua, filtración aire, humidificación ambiental, protección impermeabilización, espacio recreacional, jardín/terraza, ahorro agua riego
- Certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design / Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) Puede aportar 14 puntos (25% de la certificación 40ptos, 18%

de Platino 80ptos): intervención del terreno, evacuación aguas lluvias, efecto isla de calor, jardinería eficiente en riego, contenido reciclados y renovables, confort térmico, innovación en diseño, materiales baja emisión y optimización energía.

4.2.3 Beneficios Sociales

- Oportunidades de Educación: Provisión de áreas para instrucción en ecología, ciencia y agricultura.
- Creación de espacios recreativos y verdes: Habilitación de espacios en áreas urbanas donde el espacio es limitado. Habilitación de espacios verdes para sanación de pacientes en hospitales, asilos, etc.
- Emprendimiento Local de Reciclados: Desarrollo empresas de reciclados construcción ladrillos y cerámicas. Especies nativas o adaptadas rescatadas de escarpe predios para su replantación.
- Producción de Huertos Orgánicos Urbanos: Desarrollo huertos en barrios deprimidos, sobre supermercados, edificios públicos, vivienda. Creación de agricultura urbana para seguridad alimentaria.

4.3 Análisis Herramientas y Estrategias Casos Exitosos Internacionales

La falta de tiempo y la importancia de la meta establecida de reducir los GEI en un 20 % para el año 2020, induce adoptar las herramientas validadas por su utilización en Chile para implementar Techos Verdes y las estrategias más utilizadas y/o comprobadas como exitosas en otros países para desarrollar una normativa nacional de Techos Verdes, y apostar que mediante “pruebas y errores”, más evaluaciones de desempeño periódicas, se avance en la consecución del objetivo contribuir a mitigar el cambio climático desde la planificación urbana.

Para lo cual se analizaron las estrategias de ciudades europeas y otras internacionales que consideran Techos Verdes en sus medidas y acciones para mitigar el cambio climático. También se analizó los productos de la experiencia personal de desarrollar, difundir y vender proyectos de tecnología de Techos Verdes en Chile, Perú y Colombia desde el 2007, los cuales tienen el encargo

de contribuir a alguna certificación ambiental estandarizada y/o aportar áreas verdes para una mejor calidad de vida de los usuarios. Como también se analizó los resultados de la participación personal técnica en la elaboración del Proyecto Techos Verdes, Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales, Cámara de Desarrollo Técnico (CDT) 2008; concluyendo que las herramientas principales validadas en Chile para una proponer una normativa son las descritas a continuación.

4.4 Herramientas Utilizadas en Chile

- **Guía de Planificación, Ejecución y Mantenimiento de Sitios con Techos Verdes (Conocido como Estándar o Directrices FLL, 2008):** La Sociedad Alemana de Investigación, Desarrollo y Construcción del Paisaje (FLL), organización sin fines de lucro fundada en 1975, ha estado trabajando de manera técnica y científica durante 25 años en más de un millón de metros cuadrados de Techos Verdes para producir esta guía de estándares de Techos Verdes, las cuales presentan un criterio técnico preciso y significativo en un contexto legal, ya que son un "código de buenas prácticas del estado del arte" con reconocimiento internacional. Son válidas para techos con vegetación intensiva, intensiva simple (semi intensiva) y extensiva, terrazas de techos, techos de senderos y calzadas, estacionamientos subterráneos y otras cubiertas de edificaciones desde un área mínima de 2 m². Establece los principios y requisitos básicos que se aplican en términos generales a la planificación, ejecución y mantención, teniendo plenamente en cuenta los conocimientos actuales y la tecnología más avanzada, para el uso de gestores, profesionales y comerciantes relacionados a Techos Verdes (Recuperado de diversas partes de www.fll.de y de la Guía de Planificación, Ejecución y Mantenimiento de Sitios con Techos Verdes, Landscape Development and Landscaping Research Society e. V. (FLL), 2008)
- **Asociación Internacional de Techos Verdes (IGRA):** es una red global, para la promoción y diseminación de información sobre temas de Techos Verdes y su tecnología. Debido a su condición de organización multinacional sin fines de lucro, IGRA ofrece la plataforma y la infraestructura para el trabajo de lobby independiente "pro Techo Verde" con los responsables de tomar las decisiones políticas y de inversión. Los miembros de IGRA son organizaciones nacionales, institutos de investigación y compañías de dedicadas

a Techos Verdes. Sus objetivos son la promoción mundial de la idea ecológica de los Techos Verdes como herramienta de desarrollo sostenible, regional y urbano, transferencia de conocimiento internacional en este mismo campo, sensibilización de la población, políticos y empresarios a través de campañas de publicidad, estimulación de estándares internacionales para buenas prácticas y tecnología Techos Verdes, y promoción y apoyo activo de campañas nacionales de Techos Verdes por parte de miembros de IGRAL a idea básica de IGRA es el apoyo del mercado Techos Verdes a nivel internacional mediante el intercambio de conocimientos y experiencias en el campo de la tecnología y relaciones públicas de Techos Verdes. En este contexto, la secretaría de IGRA es un centro global de redes y coordinación, dentro del cual sus actividades incluyen talleres, conferencias, publicaciones y boletines (Recuperado de diversas partes de www.igra-world.com)

- **ZinCo GmbH:** es una de las principales empresas fabricantes y pioneras del mundo en tecnologías de Techos Verdes, fundada en Alemania en 1960 y con presencia en 35 países actualmente –Chile entre ellos -, con sistemas probadas en todo los continentes y climas, para todo tipo de cubiertas y prestaciones ambientales, paisajistas y constructivas, como generar biodiversidad y huertos urbanos, plantación de árboles, manejar aguas lluvias, aislar térmica y acústicamente, enverdecer techos planos, inclinados o curvos, cubrir estacionamientos subterráneos y accesos, abarcando soluciones que se coordinan con paneles fotovoltaicos, pavimentos duros y blandos, sistemas de seguridad, estanques de agua, etc. sin necesidad de perforar la impermeabilización ni comprometer la estructura del techo. Los proyectos de investigación - propios y colaborativos con terceras partes - y los sistemas innovadores desarrollados por ZinCo permiten que planificadores y arquitectos puedan desarrollar todo tipo de áreas verdes de edificaciones de una manera holística y sostenible, generando una base periódica de información y desempeño técnico que contribuye a la mejora continua de las normas, procesos y productos de Techos Verdes a nivel global (Recuperado de diversas partes de www.zinco-greenroof.com y www.zinco.cl)
- **LEED®** es el acrónimo para Leadership in Energy and Environmental Design (Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental). Es un Programa de Certificación voluntario y consensado para Edificación Sustentable, que reconoce las mejores estrategias y prácticas de construcción. Esta herramienta, tiene su génesis el Año 2000 y su desarrollo fue gatillado por el USGBC (United States Green Building Council) en conjunto con actores y

profesionales relevantes de la industria de la construcción. Actualmente, el sistema para mayor consistencia global, se apoya en el trabajo de voluntarios que prestan servicio en comités y grupos consultivos de todas partes del mundo de forma de asegurar no solo su aplicabilidad internacional, sino también su rigurosidad y relevancia en el mercado. El objetivo de esta Certificación es, mejorar la forma de diseñar, construir, operar y mantener nuestras edificaciones con miras a disminuir los impactos ambientales resultantes durante su ciclo de vida y a obtener espacios más saludables, seguros y confortables para ocupantes y trabajadores en tanto se disminuyen los costos asociados a la fase de uso de uso de distintos tipos de proyectos arquitectónicos. Los Techos Verdes, considerando el sistema, paisajismo y riego, pueden aportar al menos 14 puntos por intervención del terreno, evacuación de aguas lluvias, efecto isla de calor, jardinería eficiente en agua, contenido en reciclados, y materiales rápidamente renovables. También pueden optar por más puntaje si aportan a optimizar el rendimiento de la energía, confort térmico e innovación en el diseño. Y si además se consideran vegetación y pavimentos apropiados puede colaborar en la obtención de créditos en madera certificada, y materiales de baja emisión. (Recuperado de <http://www.portalverdechilegbc.cl/certificados.php> y fuentes propias elaboradas para prestar servicios de Techos Verdes con estándar LEED®)

- **CES:** es el anacrónico de Certificación Edificio Sustentable, el cual es un sistema nacional, que permite evaluar, calificar y certificar el grado de sustentabilidad de edificios de uso público en Chile, entendiéndola ésta como la capacidad de un edificio de lograr niveles adecuados de calidad ambiental interior, con un uso eficiente de recursos y baja generación de residuos y emisiones. Actualmente esta certificación está acotada para recintos de uso público, sin diferenciar entre administración o privada, destinados a actividades de Educación, Salud, excluyendo hospitales, clínicas, cementerio y crematorio, Servicios incluyendo oficinas habilitadas y de planta libre, Seguridad, excluyendo cárceles y recintos de detención, Destino social. El comportamiento ambiental del edificio es medido en relación a la calidad del ambiente interior, uso de agua, uso de energía, generación y manejo de residuos, y gestión del proyecto desde su etapa de diseño hasta la etapa de operación y mantenimiento. Se pueden obtener puntos con Techos Verdes en los requerimientos de: Reducir la Evapotranspiración en Paisajismo, Reducir el Consumo de Agua para Riego, Transmitancia Térmica de la Envolvente y Factor Solar Modificado. (Recuperado de

<http://www.portalverdechilegbc.cl/certificados.php> y fuentes propias elaboradas para dictar clases de sustentabilidad en la Universidad Viña del Mar (UVM) el año 2016)

También se concluye que las ciudades que adoptan programas de implementación de Techos Verdes, toman como base los estándares utilizados en otras ciudades con experiencias más antiguas y los adaptan a las necesidades locales. Con esta misma lógica, se define el universo de estrategias adoptados por ciudades a considerar para la generación de estándares chilenos, partiendo por las ciudades europeas, origen de las Directrices FLL, IGRA, y del Techo Verde más antiguo (1914)¹; continuando por Toronto que adopta las Directrices FLL europeas, y además incorpora estándares para responder al cambio climático y a sus propias ordenanzas de edificación desde el año 2009; finalizando con Córdoba, que a su vez adopta la experiencia canadiense como referente para su programa de cubiertas y muros verdes urbanos el año pasado 2016, y que se complementa con las medidas del plan de acción al cambio climático propio de Argentina.

4.5 Estrategias de Ciudades Europeas y Otras

Dentro de las 19 ciudades del mundo que están reportadas en la web del IGRA 2017, las ciudades con mayor proporción de área de Techo Verde por habitante son 13, las cuales tienen desde 0,1 a 3,4 m² de techos vegetados por habitante y suman aproximadamente 9.000.000 m² en total. Dentro de las 13, hay 9 que pertenecen a Europa como se deduce de la siguiente tabla:

¹ Techo Verde en la Planta de filtración de agua de lago "Moos", Wollishofen construido en 1914 y funcionando hasta el día de hoy sin problemas ni filtraciones. Los techos vegetados tienen aproximadamente 30,000 metros cuadrados, se usan hoy en día para la conservación de orquídeas. Originalmente, había más de 20,000 especies de orquídeas en Suiza; hoy, solo quedan 500 (386 en este techo). Las orquídeas que se encuentran en Wollishofen crecen en aproximadamente 20 cm de sustrato y las especies que se encuentran aquí son exactamente las mismas que hace 100 años. (Recuperado de <http://land8.com/profiles/blogs/top-five-green-roofs-from-switzerland-tour>)

	Area ciudad	Población	Densidad	Año Inicio	Años	Area TV	TV x hab	Crecimiento prom TV	Porcentaje ciudad con TV
	he	hab	hab/he	programa	transcurridos	m2	m2/hab	m2/anual	%
Stuttgart, Germany	2,842	590,000	28	1986	31	2,000,000	3.4	64,516	7.0
Linz, Austria	2,018	193,814	20	1989	28	500,000	2.6	17,857	2.5
Bolzano, Italy	1,875	100,000	19	2004	13	200,000	2.0	15,385	1.1
Vienna, Austria	4,131	1,714,000	41			2,560,000	1.5		6.2
Hanover, Germany	2,561	522,688	26	2012	5	638,500	1.2	127,700	2.5
Düsseldorf, Germany	2,715	588,169	27	1979	38	698,000	1.2	18,368	2.6
Rotterdam, Netherlands	2,969	620,000	30	2014	3	200,000	0.3	66,667	0.7
Portland, Oregon USA	1,583	570,000	16	1996	21	157,989	0.3	7,523	1.0
Chicago, Illinois USA	4,397	2,700,000	44	2000	17	511,000	0.2	30,059	1.2
Karlsruhe, Germany	1,707	296,033	17	1982	35	46,994	0.2	1,343	0.3
Amsterdam, Netherlands	3,564	780,559	36	2000	17	120,000	0.2	7,059	0.3
Tokyo, Japan	6,027	13,184,161	60	2000	17	1,345,250	0.1	79,132	2.2
Copenhagen, Denmark	5,679	510,000	57	2008	9	40,000	0.1	4,444	0.1
Singapore	7,183	5,100,000	72	2009	8	468	0.0	59	0.0
Seattle, Washington USA	160,362	3,400,000	1,604	2009	8	33	0.0	4	0.0
Seoul, Republic of Korea	17,391	10,528,774	174	2010	7	51	0.0	7	0.0
Vancouver, BC Canada	5,245	603,000	52				0.0		0.0
New York, New York USA	72,346	8,175,133	723	2010	7		0.0		0.0
Malmö, Sweden	1,891	303,000	19	2001	16		0.0		0.0

Tabla 2: Areas de techos verdes en ciudades internacionales (Elaboración propia, recuperado de la Web www.igraworld.com, Internacional Green Roof City Association, IGRA, 2017)

Según los mismos reportes se define que los instrumentos municipales para impulsar los Techos Verdes son principalmente los siguientes: Medios e internet; Aplicación de normas de construcción, paisajismo, energía u otro, como uso de suelo, leyes de techos verdes, zonificación, factor verde, regulaciones de diseño, etc.; Educación y difusión, como seminarios, conferencias, tours por techos verdes, etc.; Proyectos demostrativos; Incentivos financieros; Asistencia técnica a constructores, inversores y dueños de edificios; Investigación; Reducción de pago escorrentía aguas lluvias; Bono de densidad; Guía Local de Techos Verdes; Devolución de Impuestos; Créditos; Etiquetado Verde; y Otros instrumentos sin especificar, los cuales se grafican a continuación:

	Case Study, Support instruments that are used by the municipality to promote green roofs	Press, Internet	Building, landscape, energy, or other code or policy (e.g. land-use plan, green roof bylaw, zoning code, green factor, design regulations, etc.)	Education and Information (e.g. seminars, conferences, green roof tours, etc.)	Demonstration Projects	Financial Incentives	Consultancy offer for constructors, investors, building owner	Research	Other instruments	Reduced stormwater fee	Density Bonus	Local Green Roof Guidelines	Tax Credits	Favourable Credit Terms	Ecological Labels
1	Vienna, Austria														
2	Vancouver, BC Canada														
3	Tokyo, Japan														
4	Stuttgart, Germany														
5	Singapore														
6	Seoul, Republic of Korea														
7	Seattle, Washington USA														
8	Rotterdam, Netherlands														
9	Portland, Oregon USA														
10	New York, New York USA														
11	Malmö, Sweden														
12	Linz, Austria														
13	Karlsruhe, Germany														
14	Hanover, Germany														
15	Düsseldorf, Germany														
16	Copenhagen, Denmark														
17	Chicago, Illinois USA														
18	Bolzano, Italy														
19	Amsterdam, Netherlands														

Tabla 3: Ciudades e Instrumentos municipales internacionales para promover techos programas de techos verdes urbanos (Elaboración propia, recuperado de la Web www.igra-wold.com, Internacional Green Roof City Association, IGRA, 2017)

Al comparar las dos tablas anteriores, se concluye que:

- a) Las estrategias de promoción más usados son en orden de mayor a menor:
 1. Medios e internet
 2. Aplicación de normas de construcción, paisajismo, energía u otro, como uso de suelo, leyes de techos verdes, zonificación, factor verde, regulaciones de diseño, etc.)
 3. Educación y difusión, como seminarios, conferencias, tours por techos verdes, etc.
 4. Proyectos demostrativos
 5. Incentivos financieros
 6. Asistencia técnica a constructores, inversores y dueños de edificios.
 7. Investigación

En el lugar 11 y 12 quedan relegadas las guías de vegetación local y los incentivos tributarios. Llama la atención que el PACC reitera la necesidad de generar una zonificación vegetal local como medida prioritaria para promover los techos verdes. Habría que averiguar cuan incidente realmente es este aspecto de normar, ya que normalmente son los profesionales paisajistas que elaboran los techos verdes quienes definen las especies que las más de las veces son nativas o adaptadas y de bajos consumos hídricos por el costo y escases del recurso hídrico. Al parecer, hay estrategias que se regulan solas por el mercado.

- b) Las ciudades que más techos verdes tienen por habitante son: Stuttgart Alemania (3.4 m²/hab); Linz – Austria (2,6 m²/hab), Vienna, Austria (1,5 m²/hab), Hanover – Alemania (1,2 m²/hab), y Dusseldorf – Alemania (1,2 m²/hab), las cuales promedian una cobertura de techos verdes del 4% del área de la ciudad.

- c) Las estrategias más usadas por las cinco municipalidades con mayor área de techos verdes por habitante, son en orden de mayor a menor:
 - 1. Medios e internet
 - 2. Aplicación de normas de construcción, paisajismo, energía u otro, como uso de suelo, leyes de techos verdes, zonificación, factor verde, regulaciones de diseño, etc.)
 - 3. Educación y difusión, como seminarios, conferencias, tours por techos verdes, etc.
 - 5. Incentivos financieros
 - 4. Proyectos demostrativos
 - 6. Asistencia técnica a constructores, inversores y dueños de edificios.
 - 7. Otros instrumentos

En el lugar 8 queda la bonificación de reducción de la escorrentía de aguas lluvias de tormenta, y en el 12 los incentivos tributarios. En Chile el descuento que se podría lograr por reducir la evacuación de aguas lluvias a la red urbana no es relevante, por lo que un incentivo de descuento no se ve atractivo, salvo en aquellos lugares en los cuales se deba infiltrar toda el agua en el terreno y la edificación ocupe todo el predio, ante lo cual la solución de hacer pozos de infiltración subterráneos puede ser oneroso. Luego el incentivo de reducción por descuento económico no es muy atractivo, pero si el de poder usar techos verdes para remplazar los pozos de infiltración. Luego, nuevamente es el mercado quien regula e incentiva mejor en Chile en este aspecto.

Según la Asociación Internacional de Techos Verdes (en siglas en inglés IGRA) se puede usar múltiples herramientas para promover Techos Verdes, sin embargo recomiendan agrupar en las siguientes categorías y subcategorías:

Regulaciones: existen vinculantes y no vinculantes, a saber:

- Vinculantes u Holísticas: regulaciones de alto impacto en la implementación al obligar al desarrollador la utilización de Techos Verdes
- No vinculantes o Específicas: regulaciones de bajo impacto en la implementación al permitir al desarrollador que para alcanzar un objetivo específico ambiental, seleccione entre una gama de alternativas, entre las cuales están los Techos Verdes.

Incentivos: existen los directos que son más utilizados, y los indirectos que son menos frecuentes, a saber:

- Financieros directos: financiamientos mediante subsidios municipales (Estos son los menos usados).
- Financieros indirectos: financiamiento mediante bonificaciones por densidad y/o constructibilidad. (Estos son los más utilizados).

Relaciones públicas y seguimiento: muy efectivas para generar conciencia y conocimiento general. Es determinante que la municipalidad sea un modelo a seguir y marcar el ritmo ajardinando los techos de sus propios edificios y probando y desarrollando nuevos campos posibles de aplicaciones de Techo verde.

Estrategia de Techo Verde: sumamente importante establecer en municipalidad un gerente o coordinador exclusivo para el programa de Techos Verdes, quién será punto de contacto para consultas públicas, capacitará internamente a los departamentos, incorporará Techos Verdes a las estrategias municipales de protección del clima y adaptación al cambio climático; con el objetivo de vincular la estrategia en las política y administración municipal.

Es interesante ver que los países europeos por la antigüedad de sus programas de implementación de Techos Verdes, resuelven los mismos problemas ambientales planteados en el PACC, pero los iniciaron en sentido inverso a Chile, es decir en vez de tener una política pública macro, como es el PACC y sus planes derivados e todos los sectores, dentro de los cuales surge la necesidad de un

programa de techos verdes urbano como medida holística para abarcar varias metas ambientales ante el cambio climático de manera natural y pasiva (en comparación a usar artefactos o maquinas), los europeos lo generaron para los beneficios ambientales ya nombrados como también para ofrecer al ciudadano espacios recreativos, de goce espiritual y estético, además de hábitat de micro fauna, insectos, y aves, generaron un programa obligatorio de techos verdes urbano, que hoy contribuye a resolver una necesidad mundial que abarca todos los sectores sin haber tenido un plan previo nacional de resiliencia o acción al cambio climático, anticipándose en décadas a la necesidad actual de tomar acción urgente ante el cambio climático.

4.6 Estrategias Toronto Canadá

Toronto es la primera ciudad de Canadá en tener una normativa legal aplicable a todas las nuevas construcciones residenciales, comerciales, institucionales e industriales desde el año 2009 - 2012, con 135.000 m2 aproximadamente de Techos Verdes, 2,4 m2 de techos Verdes por habitante.

Según el Informe de los Beneficios Ambientales y Costos de la Tecnología Techos Verdes para la ciudad de Toronto mencionado anteriormente, de los muchos beneficios de los techos verdes informados en el estudio, se resumen en:

- Los que tuvieron más valor monetario cuantificable basado en los datos de investigación disponibles actualmente son:
 - Beneficio de reducción del flujo de aguas pluviales, incluido el impacto en el desbordamiento combinado de alcantarillas.
 - Mejora en la calidad del aire.
 - Reducción en el uso directo de energía.
 - Y reducción en la isla de calor urbano efecto.

- Los beneficios que no se pudieron cuantificar en este informe por falta de estudios son:
 - Mejora estética del paisaje urbano.

- Aumento en el valor de las propiedades.
- Beneficios resultantes de los techos verdes utilizados como espacios de servicios
- Uso de techos verdes para los alimentos producción.
- Y aumento de la biodiversidad.

4.7 Estrategia Córdoba Argentina

Se analiza el caso de la estrategia de Córdoba recientemente creado el año pasado 2016, que por lo mismo no cuenta aún con informes de desempeño o experiencias que puedan ser útiles para la aprender los aciertos y errores de la normativa, sin embargo aportan una metodología simple de aplicación de coeficientes volumétricos de aporte a la absorción y fijación de CO₂, de biomasa, de riego por aguas pluviales y de especies nativas, como se verá más adelante en los estándares para cambio climático propuestos en el capítulo siguiente.

4.8 Resultados

Se concluye del análisis de todo lo expuesto anteriormente los siguientes resultados:

- Que los incentivos de mayor impacto para la implementación de Techos Verdes son:
 - La difusión de los medios de comunicación e internet.
 - La aplicación de normas de construcción, paisajismo, energía u otro.
 - Los beneficios económicos obtenidos por las prestaciones ambientales de los Techos Verdes en manejo de agua, mejora calidad del aire, eficiencia energética y reducción efecto isla de calor.
 - El beneficio ambiental de aumentar la biodiversidad.
- Que las Directrices FLL tienen reconocimiento internacional y nacional como un guía validada por “el buen arte de construir” para el diseño, construcción y mantención de Techos Verdes, por lo no se ve necesidad de crear una guía propia, sino más bien aprobarla normativamente para su aplicación nacional, como ha sucedido con otras normas internacionales ambientales en los sectores de energía, construcción, e infraestructura.

- Que los Techos Verdes para contribuir a la mitigación del cambio climático deberán tener al menos las siguientes prestaciones ambientales:
 - **Prestación Ambiental Filtrar Contaminación:** Moderar el efecto urbano de isla de calor y mejorar la composición del aire mediante la filtración de sus contaminantes. De acuerdo a un estudio del MMA, dependiendo la especie a utilizar, se requieren entre 6 a 15ha de vegetación para la reducción de una tonelada de contaminantes. Sin embargo, se aplica 2,15ha como medida de compensación de áreas verdes a los proyectos que ingresan actualmente al Sistema de Evaluación Ambiental (SEA).
 - **Prestación Ambiental Manejar Aguas Lluvias:** Reducir el riesgo de inundaciones urbanas, mediante la disminución de las escorrentías en aproximadamente un 40% gracias a la implementación de techos verdes en áreas altamente ocupadas.
 - **Prestación Ambiental Eficiencia Energética:** Bajar las temperaturas internas de los edificios y disminuir riesgos de salud durante períodos de calor extremo mediante técnicas de enfriamiento pasivo, reglamentando los techos verdes con el objetivo de asegurar un determinado índice de calidad ambiental en una zona determinada, y reducir los consumos energéticos de climatización.
 - **Prestación Ambiental Ahorro Recurso Hídrico:** Reducir el uso de agua potable para riego, seleccionando especies vegetales para cada clima o zona según la norma, que deben ser climáticamente pertinentes a la realidad local, enfatizando el uso de especies nativas y de baja necesidad hídrica.
 - **Prestación Ambiental Reducción Isla De Calor:** Reducir las altas temperaturas en la ciudad mediante un programa de implementación de techos verdes, velando que el diseño arquitectónico cumpla con los estándares especificados en la normativa, controlar la construcción para que cumpla con lo diseñado, y verificar la mantención para mantener el factor verde comprometido.
 - **Prestación Ambiental Propulsar Infraestructura Verde y Biodiversidad:** Impulsar proyectos para la infraestructura verde en las ciudades entendiéndola como espacios verdes de distintas escalas, que se reconocen por sus formas tradicionales, (como los parques y jardines), pero también por nuevos enfoques como son las cubiertas y azoteas verdes, jardines verticales, eco-pavimentos, urban farming, bosques urbanos entre otros. En el contexto de cambio climático, integra sinergias entre mitigación y adaptación, que contribuyen en distintos aspectos a la conservación de biodiversidad, restauración de ecosistemas, contrarrestar islas de calor, protección contra inundaciones, mejor calidad

Maria Loreto Valenzuela Leighton

mlv@zinco-greenroof.cl



del aire, reducción de contaminación acústica, y provisión de áreas de recreación, entre otros. (Plan e Consulta Ciudadana Plan de Adaptación al Cambio Climático de Ciudades, 2017, p.49)

5. CAPITULO V - PROPUESTA BASE DE NORMAS CONSTRUCTIVAS PARA IMPLEMENTAR TECHOS VERDES QUE CONTRIBUYAN A MITIGAR EL CAMBIO CLIMATICO EN CONCORDANCIA CON LAS METAS Y MEDIDAS DEL PANCC

Como se planteó anteriormente en los resultados obtenidos de los análisis anteriores, se propone formular una base de normas constructivas de Techos Verdes que presten servicios ambientales a la ciudad para contribuir con las metas y medidas de mitigación y adaptación al cambio climático nacional e internacional declaradas en el PANCC, para lo cual es necesario entender los siguientes conceptos o definiciones:

5.1 Definiciones Previas

Techo: Es la estructura total superior o una parte de una edificación sobre nivel calle (ej: vivienda, edificio, bodega) o subterránea (ej: estacionamientos subterráneos, metro, estanque) sellada a la infiltración de aguas lluvias o de riego, apoyado por paredes o columnas y que funciona principalmente para proteger la edificación o partes de los efectos del clima. Considera la superficie de parapetos, salas de máquinas, pasarelas, piscinas, etc.

Espacio Disponible de Techo: El área total del techo de una edificación subterránea o sobre nivel calle, excluidas las áreas ocupadas por dispositivos, equipos, o estructuras para el uso funcional o recreativo de la edificación (por ejemplo, salas de servicios, equipos de energía; equipos de ventilación, cajas de ascensores y escaleras, ductos de ventilación, lucernarios, estanques de agua, piscinas, senderos, quinchos, etc.) que pueda ser habilitado como jardín o circulación o estar de personas al aire libre.

Techo Verde: Conjunto de componentes inertes y orgánicos sobrepuesto en un techo tanto de edificación subterránea como sobre nivel calle; compuesto de capas tecnológicas, medio de crecimiento tecnológico y vegetación, acoplados entre sí de tal forma que garantizan un

funcionamiento seguro y duradero equivalente a la naturaleza; que protege la impermeabilización de perforaciones de raíces y daños mecánicos, retiene agua y nutrientes para las plantas, maneja la escorrentía de aguas lluvias, asegura la oxigenación a las raíces, evita el lavado de partículas finas del medio de crecimiento; y que está diseñado, construido y mantenido de acuerdo al estándar de construcción de techos verdes Directrices FLL² (guía alemana de reconocimiento internacional para estas materias) hasta que se modifiquen los instrumentos de planificación territorial para que contengan estas directrices internacionales más las necesarias nacionales para techos verdes requeridas en el PACC.

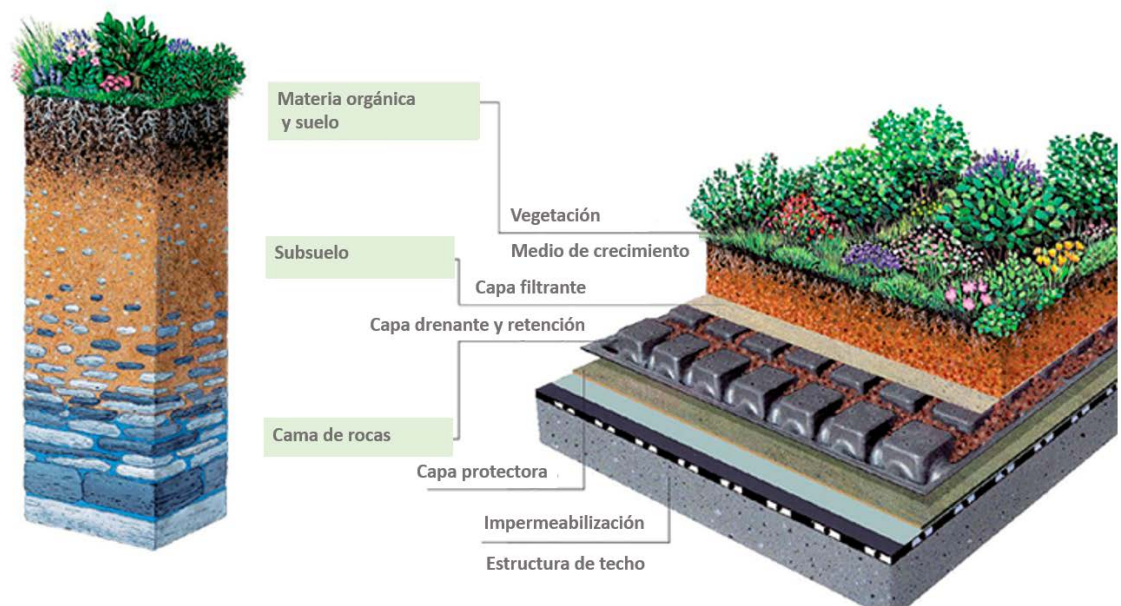


Figura 5-1: Esquema de Techo Verde (Fuente: recuperada de www.zinco.cl/15/porque-un-techo-verde-zinco.html 2017)

Vegetación: Conjunto de especies vegetales seleccionadas para cada clima o zona (PACC, 2012, p.16), que deben ser climáticamente pertinentes a la realidad local, enfatizando el uso de

² La Sociedad Alemana de Investigación, Desarrollo y Construcción del Paisaje (FLL) es una organización independiente sin fines de lucro, que desde 1975 ha estado trabajando en estándares para tecnología de techo verde, produciendo la “Guía para la Planificación, Ejecución y Mantenimiento de Sitios con Techos Verdes (Directrices FLL)” la cual es una herramienta básica para la construcción de techos verdes confiables y de alta calidad en todo el mundo, no solo en Alemania, ya que se basa en la experiencia de más de mil millones de metros cuadrados de techos verdes construidos.

especies nativas y de baja necesidad hídrica (Propuesta PACC de Ciudades, 2017, p.68) y de acuerdo al estándar de construcción de techos verdes Directrices FLL³ hasta que se modifiquen los instrumentos de planificación territorial para que contengan estas directrices internacionales más las necesarias nacionales para techos verdes requeridas en el PACC.

Techo Verde Cambio Climático: Techo Verde que cumple además de las Directrices FLL en diseño, construcción, y mantención, con las prestaciones ambientales requeridas para las metas y medidas de mitigación del PACC, las cuales son filtrar contaminación, manejar aguas lluvias, eficiencia energética, ahorro recurso hídrico, reducción de isla de calor, y propulsar infraestructura verde, descritas en el capítulo anterior.

5.2 Propuesta base de normas

Como se mencionó anteriormente los Techos Verdes para contribuir a la mitigación del cambio climático deberán servir ambientalmente para filtrar contaminación, manejar aguas lluvias, eficiencia energética, ahorro recurso hídrico, reducción Isla De Calor, y de propulsar infraestructura verde, y que además existen ciudades en otros países con estándares para implementación de Techos Verdes para el cambio climático, a lo cual se suma que en Chile se aplican estándares de Techos Verdes para certificaciones ambientales, e inclusive existe una moción del Senado para normar Techos Verdes en zonas contaminadas, lo que contribuye a generar una gama de estándares sólidamente contruidos que constituyen la siguiente Propuesta Base De Normas Constructivas para Implementar Techos Verdes que Contribuyan a Mitigar el Cambio Climático en Concordancia con las Metas y Medidas del PACC. Para la cual, se reestructuran de una manera tal que por un lado respeten el espíritu de la norma, sus objetivos, los requerimientos y procedimiento de aplicación, pero se ordenan con una lógica similar, agregando información que permita aclarar cuantificaciones, adaptarse a nuestra legislación, o bien generando fórmulas para facilitar la

³ La Sociedad Alemana de Investigación, Desarrollo y Construcción del Paisaje (FLL) es una organización independiente sin fines de lucro, que desde 1975 ha estado trabajando en estándares para tecnología de techo verde, produciendo la “Guía para la Planificación, Ejecución y Mantenimiento de Sitios con Techos Verdes (Directrices FLL)” la cual es una herramienta básica para la construcción de techos verdes confiables y de alta calidad en todo el mundo, no solo en Alemania, ya que se basa en la experiencia de más de mil millones de metros cuadrados de techos verdes contruidos.

aplicación de ella; es decir se normalizan y parametrizan para que pueda ser un modelo transferible de estrategia de mitigación al PACC-Ciudades, a la generación de una mejora en los instrumentos de planificación territorial, y contribuir también a facilitar fuentes de conocimiento y de financiamiento para la implementación de Techos Verdes en general.

5.3 Normas para Filtrar Contaminación

5.3.1 Descontaminación zona Saturada o Latente

Fuente del estándar: Elaboración propia en base a la Moción del Senado Proyecto Ley 4682, Chile, 15.11.2006, y se elabora el procedimiento para aplicación o calculo y se estructura en formato establecido.

Tipo de requisito: Requisito obligatorio de edificios nuevos en áreas declaradas como zona saturada o latente por concentración de contaminantes en el aire.

Indicador: Area mínima (m²) de implementación Techo Verde

Ambito: Áreas vegetadas de Techos Verdes del edificio. Se deben considerar solo las áreas con vegetación de un Techo Verde y se excluyen del cálculo el área con coberturas o elementos que forman parte o son complementarios para el buen funcionamiento, uso y mantención del Techo Verde como son los bordes de mantención con pavimentos o gravas, cajas o cámaras de registro drenaje aguas lluvias, áreas ocupados por filtros, bombas, válvulas y programadores de riego, senderos, mobiliario, iluminación, paramentos para uso recreativo y de seguridad.

Objetivo: Disminuir la contaminación en áreas declaradas como zona saturada o latente por concentración de contaminantes en el aire conforme lo dispuesto por la Ley 19.300 Bases Generales de Medio Ambiente en todos los proyectos de edificios que soliciten permiso de construcción en estas áreas, mediante el aporte de biomasa implementando Techos Verdes en las azoteas.

Requerimiento: Las solicitudes de permisos de edificación deberán contemplar en una proporción de a lo menos 50 metros cuadrados de Techo Verde por cada 1.000 metros cuadrados construidos en zona declarada como latente o saturada conforme al inciso primero del artículo 43 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

Procedimiento: Las solicitudes de permiso de edificación en áreas declaradas como zona saturada o latente por concentración de contaminantes deberán implementar un área mínima de Techo Verde. Para su aplicación se deberá calcular el área total construida del edificio según lo indica el artículo 5.1.11 y 6.1.5 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C) (ver Apéndice 4: Cálculo de Superficie DDU 110) y aplicar la siguiente fórmula para determinar el área mínima de Techo Verde:

$$STV_{zs} = (SE_{oguc} / 1.000 \text{ m}^2) \times 50 \text{ m}^2$$

- *STV_{zs} = superficie mínima Techo Verde para zona saturada o latente por contaminantes dispuesto por la Ley 19.300 Bases Generales de Medio Ambiente.*
- *SE_{oguc} = superficie edificada total según Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.) (ver Apéndice 4: Cálculo de Superficie DDU 110)*

5.3.2 Absorción y Fijación CO₂

Fuente del estándar: Elaboración propia en base a Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017, p. 7,8

Tipo de requisito: Requisito opcional de reducción de porcentaje de superficie mínima Techos verdes exigidos en edificios nuevos y existentes, cuya superficie de techo o azotea sea igual o mayor a 400 m² en las zonas de mayor densidad poblacional de la ciudad, que son aquellas que en la actualidad aportan en mayor medida a generar el “efecto isla de calor” y zonas potencialmente propensas a densificarse en el corto y mediano plazo, a los fines de evitar que se trasformen en zonas críticas⁴.

Indicador: Reducción de área inicial (%) de Techo Verde por aporte de biomasa (m³).

⁴ Para determinar las zonas de aplicación de esta norma se deberá primero definir las zonas que aportan en mayor medida al “efecto isla de calor” por los organismos competentes de cada ciudad y/o país, que corresponden a las zonas saturadas o latentes por contaminantes definidas en la legislación vigente nacional, más las zonas que registran y/o potencien una mayor densificación y crecimiento.

Ambito: Áreas vegetadas de Techos Verdes del edificio. Se deben considerar solo las áreas con vegetación de un Techo Verde y se excluyen del cálculo el área con coberturas o elementos que forman parte o son complementarios para el buen funcionamiento, uso y mantención del Techo Verde como son los bordes de mantención con pavimentos o gravas, cajas o cámaras de registro drenaje aguas lluvias, áreas ocupados por filtros, bombas, válvulas y programadores de riego, senderos, mobiliario, iluminación, paramentos para uso recreativo y de seguridad.

Objetivos: Incorporar mayor volumen de biomasa por área de Techo Verde seleccionando vegetación de mayor altura. Mejorar la calidad ambiental de la ciudad mediante el aporte de biomasa para la absorción y fijación del CO₂ en las azoteas de las edificaciones de las zonas de mayor densidad poblacional. Incorporación gradual de tecnologías y sistemas de construcción sostenibles que garanticen el mínimo impacto ambiental de los edificios.

Requerimientos: Se requiere la incorporación de cubiertas verdes intensiva y/o extensiva, quedando la adopción de uno u otro sistema a cargo del propietario y/o profesional interviniente, en los nuevos desarrollos residenciales, comerciales, institucionales, y en construcciones existentes, según las siguientes situaciones:

- a) En todo techos de un edificio, ya sea plano o con una pendiente de hasta 30°, sea accesible o no cuya superficie total de la azotea (STA) sea igual o mayor a 400 m², se requiere la incorporación de Techos Verdes según la siguiente tabla:)

SUPERFICIE CUBIERTA DEL EDIFICIO (m ²)	CUBIERTA VERDE REQUERIDA (%)
400-800m ²	40%
800-1000m ²	50%
más de 1000m ²	60%

Tabla 4: Requerimientos de implementación de cubierta verde edificaciones en parcelas no afectadas a disposiciones de corazón de manzana (Fuente: Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017

A excepción de lo establecido en el inciso b); a los fines de establecer la superficie total de azotea (STA), se considerará la sumatoria de todas las superficies cubiertas que se encuentran dentro del predio excluyendo las superficies destinadas a la instalación de energías renovables y balcones o terrazas privadas.

b) En el caso de grandes superficies comerciales, emprendimientos comerciales y/o administrativos, edificios industriales e instituciones, cuya superficie total de azotea (STA) sea igual o mayor a 600 m², se requerirá:

- La incorporación de Techos Verdes según la siguiente tabla:

SUPERFICIE DISPONIBLE EN AZOTEA (SDA) (m ²)	SUPERFICIE DE CUBIERTA VERDE REQUERIDA (SCV) (%)
600-900m ²	20%
900-1200m ²	30%
1200-1500m ²	40%
1500-1800m ²	50%
más de 1800m ²	60%

Tabla 5: Requerimiento de implementación de cubierta verde en grandes superficies edificadas (Fuente: Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017)

- O la construcción del 100% del techo mediante un sistema de “techo fresco” que reduzca el consumo energético y que cumpla con las medidas de rendimiento de gestión de aguas pluviales en las que se requiere que los primeros 5 mm de cada lluvia que cae sobre el techo se retenga y recolecte para su reutilización.

El Techo Verde, deberá incluir exclusivamente vegetación natural, no se podrá utilizar en ningún caso vegetación artificial.

Procedimiento: Las solicitudes de permisos de edificación de nuevas construcciones y en edificios existentes que opten por reducción de superficie de Techo Verde exigida, deben cumplir con la aplicación de coeficiente volumétrico de aporte a la absorción y fijación de CO₂ o biomasa (CVAB) sobre la superficie de Techo Verde (STV) con la siguiente fórmula:

$$STV_f = (STV_i / CVAB) = STV_f / ((VTV / STV_i) + 1)$$

- **CVAB** = coeficiente volumétrico de aporte a la absorción y fijación de CO₂, equivalente a $(VTV / STV_i) + 1$

- **VTV** = volumen de vegetación en techo verde o biomasa, equivalente a área de vegetación por altura de la misma expresada en metros cúbicos.

- **STV_i** = superficie de techo verde inicial exigida por norma.

- STV_f = superficie de techo verde final después de aplicación de coeficiente volumétrico por aporte a la absorción y fijación de CO₂ o biomasa (CVAB).

Por ejemplo: un área inicial de techo verde exigida de 1.200 m² si incorpora en 500 m² de vegetación de 1.3 m de altura para biomasa, se calcula así:

$STV_f = 1200 \text{ m}^2 / ((500 \text{ m}^2 \times 1.3 \text{ m} / 1.200) + 1) = 779 \text{ m}^2$, lo que equivale a una reducción de 35% del área respecto de requerimiento inicial.

5.4 Normas Manejo Aguas Lluvias

5.4.1 Manejo Agua para Riego

Fuente del estándar: Elaboración propia en base a Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017, en el marco regulatorio para la incorporación de cubiertas y muros verdes dentro de la ciudad de Córdoba.

Tipo de requisito: Requisito opcional de reducción de porcentaje de superficie mínima Techos verdes exigidos en edificios nuevos y existentes, cuya superficie de techo o azotea sea igual o mayor a 400 m² en las zonas de mayor densidad poblacional de la ciudad, que son aquellas que en la actualidad aportan en mayor medida a generar el “efecto isla de calor” y zonas potencialmente propensas a densificarse en el corto y mediano plazo, a los fines de evitar que se trasformen en zonas críticas⁵

Indicador: Reducción área (%) de Techo Verde (m²).

Ambito: Áreas vegetadas de Techos Verdes del edificio. Se deben considerar solo las áreas con vegetación de un Techo Verde y se excluyen del cálculo el área con coberturas o elementos que forman parte o son complementarios para el buen funcionamiento, uso y mantención del Techo Verde como son los bordes de mantención con pavimentos o gravas, cajas o cámaras de registro

⁵ Para determinar las zonas de aplicación de esta norma se deberá primero definir las zonas que aportan en mayor medida al “efecto isla de calor” por los organismos competentes de cada ciudad y/o país, que corresponden a las zonas saturadas o latentes por contaminantes definidas en la legislación vigente nacional, más las zonas que registran y/o potencien una mayor densificación y crecimiento.

drenaje aguas lluvias, áreas ocupados por filtros, bombas, válvulas y programadores de riego, senderos, mobiliario, iluminación, paramentos para uso recreativo y de seguridad

Objetivos: Retención y reutilización de aguas pluviales, a fines de proveer el riego necesario para los sistemas mencionados evitando en lo posible el uso de agua de la red doméstica. Reducir el impacto ambiental producido por las superficies edificadas incorporando el concepto de construcción sustentable, como requisito indispensable en la agenda mundial actual. Incorporación gradual de tecnologías y sistemas de construcción sostenibles que garanticen el mínimo impacto ambiental de los edificios

Requerimientos: Se requiere la incorporación de cubiertas verdes intensiva y/o extensiva, quedando la adopción de uno u otro sistema a cargo del propietario y/o profesional interviniente, en los nuevos desarrollos residenciales, comerciales, institucionales, y en construcciones existentes, según las siguientes situaciones:

- c) En todo techos de un edificio, ya sea plano o con una pendiente de hasta 30°, sea accesible o no cuya superficie total de la azotea (STA) sea igual o mayor a 400 m², se requiere la incorporación de Techos Verdes según la siguiente tabla:

SUPERFICIE CUBIERTA DEL EDIFICIO (m ²)	CUBIERTA VERDE REQUERIDA (%)
400-800m ²	40%
800-1000m ²	50%
más de 1000m ²	60%

Tabla 6: Requerimientos de implementación de cubierta verde edificaciones en parcelas no afectadas a disposiciones de corazón de manzana (Fuente: Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017)

A excepción de lo establecido en el inciso b); a los fines de establecer la superficie total de azotea (STA), se considerará la sumatoria de todas las superficies cubiertas que se encuentran dentro del predio excluyendo las superficies destinadas a la instalación de energías renovables y balcones o terrazas privadas.

- d) En el caso de grandes superficies comerciales, emprendimientos comerciales y/o administrativos, edificios industriales e instituciones, cuya superficie total de azotea (STA) sea igual o mayor a 600 m², se requerirá:
- La incorporación de Techos Verdes según la siguiente tabla:

SUPERFICIE DISPONIBLE EN AZOTEA (SDA) (m2)	SUPERFICIE DE CUBIERTA VERDE REQUERIDA (SCV) (%)
600-900m2	20%
900-1200m2	30%
1200-1500m2	40%
1500-1800m2	50%
más de 1800m2	60%

Tabla 7: Requerimiento de implementación de cubierta verde en grandes superficies edificadas (Fuente: Ordenanza 12.548. Consejo Deliberante de la Ciudad De Córdoba, Argentina, 2017)

- O la construcción del 100% del techo mediante un sistema de “techo fresco” que reduzca el consumo energético y que cumpla con las medidas de rendimiento de gestión de aguas pluviales en las que se requiere que los primeros 5 mm de cada lluvia que cae sobre el techo se retenga y recolecte para su reutilización.

El Techo Verde, deberá incluir exclusivamente vegetación natural, no se podrá utilizar en ningún caso vegetación artificial.

Se requiere la inclusión de sistema de riego proveniente de la retención y reutilización de aguas pluviales. El agua pluvial recolectada, deberá ser reutilizada, ya sea para el fin de riego del sistema de cubierta verde como para abastecer la red doméstica del edificio en aquellos usos para los cuales sea apta (descarga de inodoros en baños), evitando la acumulación de grandes cantidades de agua pluvial, compensando en periodos secos el uso del agua de la red doméstica para el riego de las cubiertas verdes.

Se establece como alternativa complementaria el uso de hasta 15% de la superficie afectada a la cubierta verde para la incorporación de depósitos de agua o estanques con fines ornamentales, siempre que se incluyan especies vegetales acuáticas y se defina convenientemente el sistema constructivo, la alimentación y provisión a través de aguas pluviales con un mínimo de 80%. En el caso de optar por esta alternativa, se requerirá prever un plan de mantenimiento y mecanismos de prevención, como el tratamiento o sistema de movimiento del agua, a los fines de evitar la generación de focos de enfermedades.

Se establece que el coeficiente de Techo Verde con riego de aguas pluviales (CRP) será de 1,05.

Procedimiento: Las solicitudes de permisos de edificación de nuevas construcciones y en edificios existentes que opten por reducción de área de Techos Verdes por utilización de aguas pluviales deben cumplir con la aplicación de coeficiente de techos verdes con riego de aguas pluviales con las formulas siguientes:

$$STVf = STVi / CRP = STVi / 1,05$$

- **STVf:** superficie de techo verde final por reducción de agua de riego mediante utilización de agua pluvial recolectada.
- **STVi:** superficie de techo verde inicial exigida por norma o con aplicación de coeficiente de volumen de biomasa (CVAP).
- **CRP:** coeficiente de techos verdes con riego de aguas pluviales, equivalente a 1,05.

Por ejemplo: un área inicial de techo verde o bien previamente reducido por aplicación de coeficiente volumétrico de aporte de CO2 o biomasa (CVAB) de 779 m², se calcula así:

$STVf = 779 \text{ m}^2 / 1,05 = 741,90 \text{ m}^2$, lo que equivale a una reducción de 5% del área respecto de requerimiento inicial o previamente reducido por aporte de biomasa.

5.4.2 Reducción Consumo de Agua para Riego

Fuente del estándar: Elaboración propia en base a Variable LEED: Water Efficient Landscaping, New Construction & Major Renovation V2.2, Reference Guide, 2007, U.S. Green Building Council, y variable CES: Instalaciones Agua 20, Riego: Eficiencia Consumo de Agua para Riego., Certificación Edificio Sustentable, Manual para la Evaluación y Certificación V1, 2014, Sistema Nacional de Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios de Uso Público.

Indicadores: Porcentaje [%] de disminución del consumo de agua por sistema de riego.

Ámbito: Las áreas verdes de los Techos Verdes, entendiéndose “Área verde” según la O.G.U.C como la superficie de terreno destinada preferentemente al esparcimiento o circulación peatonal, conformada generalmente por especies vegetales y otros elementos complementarios; de todo edificio de uso público con destino de equipamiento cuya carga de ocupación total, es superior a

100 personas como lo de define la O:GU:C, como también los que define CES como “edificios de uso público”, es decir aquellos con destino “equipamiento”, que se definen como “construcciones destinadas a complementar las funciones básicas de habitar, producir y circular, cualquiera sea su clase o escala”, y sin diferenciar propiedad y/o administración pública o privada.

Objetivo: Reducir el uso de agua para riego, sea esta agua potable o de otras fuentes de aguas superficiales o sub-superficiales, en base a la eficiencia del sistema de riego.

Requerimientos: El agua de riego deberá cumplir con la norma NCh 1333:Of.1978 de Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Reducir el consumo de agua potable o superficial (rio, lago, vertiente, etc.) o subterránea (napas) para riego al menos un 50% con respecto al caso de referencia en el mes más caluroso del año mediante:

- a) Sistema de riego eficiente (descripción en procedimientos a continuación)
- b) y/o aprovechamiento de aguas lluvias: se permite la utilización de agua lluvia para riego en todo edificio y debidamente recolectadas, para lo cual se deberá desarrollar un proyecto de recolección de aguas lluvias que optimice la captación de las precipitaciones anuales, maximizando el aprovechamiento tanto de las superficies edificadas de cubierta como de pavimentos exteriores, evitando en todo caso el escurrimiento de aguas lluvias hacia el exterior de los deslindes de la propiedad. Como antecedente de los niveles de pluviosidad, se deberá consultar la columna “normal anual” de la tabla de informe de precipitaciones de la página de la dirección meteorológica de Chile⁷⁵ o la tabla 3 de la NCh 1079:Of.2008 homologando las precipitaciones del lugar de emplazamiento del proyecto con la localidad a menor distancia en la tabla. En el anexo A1 se describen algunos valores para distintas localidades del país. El proyecto debe estimar una captación neta en base a las tablas citadas.
- c) y/o aguas grises: se permite la utilización de aguas grises para riego solo para los edificios que no cuenten con redes públicas de alcantarillado según lo dispuesto en el DS 1199/04 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS y debidamente tratadas, para lo cual se deberá desarrollar un proyecto de reciclaje de aguas grises con una red de recolección propia, diferenciándola de las redes de recolección de aguas lluvias. Los materiales, componentes, artefactos, equipos y sistemas especificados para su ejecución deberán acreditar su certificación de conformidad por laboratorios y organismos acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización, de acuerdo a

los procedimientos de certificación que determine la autoridad competente. Junto con el proyecto de reciclaje de aguas grises, deberá entregarse un estudio de riesgos de salud en caso de presentarse cualquiera de estos proyectos, evitando en todo momento cualquier contacto humano directo con estos efluentes una vez en operación.

La calidad del agua para ambos proyectos -aguas lluvias y aguas grises- se deberá definir sistemas apropiados de acumulación, filtrado y desinfección, de acuerdo a factores como el volumen acumulable, la forma y oportunidad de provisión y el destino de consumo, considerando el cumplimiento de los estándares incluidos en la NCh 1333: Of.1978 sobre calidad del agua. Asimismo, deberá resolverse la forma de manejo y disposición de los sedimentos generados.

Procedimiento: Para calcular la reducción de 50% de riego en relación al caso base o de referencia por eficiencia en el sistema de riego en los Techos Verdes, se deberá aplicar la siguiente fórmula y proceder con las ecuaciones siguientes:

$$\% \text{ RATD} = ((\text{ATDr} - \text{ATD}) / \text{ATDr}) \times 100$$

- **% RATD:** porcentaje de reducción demanda de agua de riego
- **ATDr:** agua demandada para riego de referencia o caso base.
- **ATD:** agua demandada para riego del proyecto

Los pasos a seguir son:

- 1) Definir sectores de paisajismo en función del factor especie, factor densidad, factor microclima y sistema de riego (ver Apéndice 2).
- 2) Calcular el agua demandada para riego de proyecto (AD) y referencia (ADr) para cada sector de paisajismo:

$$AD = (\text{Area sector paisajismo} \times \text{ETLmm} / \text{IE}) \times CE$$

y

$$ADr = (\text{Area sector paisajismo} \times \text{ETLmm} / \text{IE}) \times 1$$

- **AD:** agua demandada para riego de proyecto.
- **ADr:** agua demandada para riego de referencia.
- **ETLmm:** avapotranspiración del sector paisajismo (ver Apéndice 2)
- **CE:** Controlador de riego (factor). Si no incluye controlador de riego el factor utilizado debe ser 1.
- **IE:** eficiencia del sistema de riego según factores de comisión Nacional de Riego siguientes:
 - 0,50 = Manual por manguera (eficiencia de referencia)
 - 0,75 = Automatizado aspersion (regador de impacto)
 - 0,80 = Automatizado aspersion (boquilla fija y rotores)
 - 0,85 = Automatizado aspersion (rotores MP rotator)
 - 0,85 = Automatizado microjet y micro-aspersores
 - 0,90 = Automatizado goteo (se debe ajustar al facto de densidad (K) de la especie considerada en el cálculo del coeficiente de paisajismo (KL) (Ver Apéndice 2)

- 3) Sumar el agua total demandada para riego de cada sector de paisajismo tanto para el proyecto (ATD) como para la referencia(ATDr):

(ATD) = Agua demandada riego - (Agua reutilizada + Agua de otras fuentes)

- 4) El agua reutilizada se debe considerar de acuerdo a lo establecido en el Apéndice 21: Aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises.
- 5) En un Caso 1 (edificio en una zona con precipitaciones iguales o menores a 500mm), el agua total demandada (ATD) incluye el uso de agua de otras fuentes, tanto superficiales como subsuperficiales, que se encuentran dentro del terreno del proyecto.
- 6) En un Caso 2 (edificio en una zona con precipitaciones mayores a 500mm), el ATD sólo incluye agua potable, es decir el agua de otras fuentes superficiales y sub-superficiales podrá utilizarse para reducir el ATD.
- 7) En ambos casos, si se riega con agua de fuentes superficiales o sub-superficiales, se deberá demostrar que el volumen de agua consumida de dichas fuentes es igual o menor al agua lluvia captada, retenida y/o infiltrada en el terreno.

8) Calcular porcentaje de reducción de demanda de agua para el riego según la fórmula inicial:

$$\% \text{ RATD} = ((ATDr - ATD) / ATDr) \times 100$$

5.5 Norma Eficiencia Energética

Fuente del estándar: Elaboración propia en base a Variable Arquitectura Energía 5R Demanda de Energía: Transmitancia Térmica de la Envolvente y Factor Solar Modificado, CES, Certificación Edificio Sustentable, Manual para la Evaluación y Certificación Versión 1 Mayo 2014, Sistema Nacional de Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios de Uso Público.

Indicador: Mejorar la Transmitancia Térmica – [U W/m²K] de la envolvente del edificio.

Ámbito: La envolvente térmica de todo edificio de uso público con destino de equipamiento cuya carga de ocupación total, es superior a 100 personas como lo define la O:GU:C, como también los que define CES como “edificios de uso público”, es decir aquellos con destino “equipamiento”, que se definen como “construcciones destinadas a complementar las funciones básicas de habitar, producir y circular, cualquiera sea su clase o escala”¹, y sin diferenciar propiedad y/o administración pública o privada. (Un Techo Verde puede ser parte de la envolvente térmica de cubierta de un edificio).

Objetivo: Disminución de la demanda de energía necesaria para la calefacción y/o refrigeración por aislación térmica de la envolvente en la parte del complejo de techumbre. Implementación de un Techo Verde como alternativa o contribución a la aislación térmica.

Requerimientos: Evaluar la transmitancia térmica que aporta el Techo Verde en el complejo de techumbre como parte de la envolvente térmica del edificio mediante dos opciones:

- 1) Opción evaluación prestacional: disminución de la demanda de energía en el porcentaje suficiente de la Certificación de Edificio Sustentable.
- 2) Opción evaluación prescriptiva: determinación de la transmitancia térmica en el valor mínimo de la Certificación de Edificio Sustentable.

Procedimiento:

- 1) **Opción evaluación prestacional:** se deberá verificar una disminución de la demanda de energía para calefacción, enfriamiento e iluminación de los recintos interiores del edificio analizado. La evaluación se realizará mediante la comparación de las demandas mencionadas con los resultados de las demandas de un edificio de referencia, en base a lo definido en el Apéndice 9 de la Certificación Edificio Sustentable (ver Anexo 5). Y deberá cumplir la disminución de la demanda de energía en el porcentaje suficiente de la siguiente tabla:

Nivel	Reducción respecto a la Demanda de referencia				Puntaje
	NL - NVT	ND - CL - CI - SL*	SL** - SI	SE - An	
Muy bueno	≥35%	≥20%	≥35%	≥45%	18
Bueno	≥30%	≥15%	≥30%	≥35%	12,5
Aceptable	≥20%	≥10%	≥20%	≥25%	9
Suficiente	≥10%	≥5%	≥10%	≥15%	4,5

* zona SL de las regiones del Biobío, Los Ríos y Araucanía

** zona SL de las región de Los Lagos

Tabla 8: Reducción valor suficiente de transmitancia térmica envolvente térmica (Fuente: CES, 2014, p.55)

NL, NVT, ND, CI, SL, SE, SE, An: zonas climáticas, ver Apéndice 1: Zonificación climática de Chile (NCH 1079, 2008)

La evaluación prestacional se podrá calcular por:

- Cálculo Planilla**, para lo cual se deberá utilizar la herramienta de cálculo dispuesta por el sistema de Certificación Edificio Sustentable.
- Cálculo dinámico**, para lo cual se deberá utilizar un programa de simulación especializado, el cual deberá ser de base computacional que permita analizar la demanda y consumo de energía del edificio, y deberá permitir modelar, como mínimo, lo definido en el Apéndice 9 de la certificación Edificio Sustentable (ver Anexo 5).

El cálculo dinámico deberá utilizarse cuando el edificio posee una de las siguientes características: Funciona bajo un régimen de operación continuo tipo 24/7; posee elementos arquitectónicos tales como atrios de doble o más altura, y otros elementos que requieran de un análisis que considere convección de aire; posee sistema de control de iluminación de presencia y/o de luz día; posee un porcentaje de acristalamiento de la cubierta del edificio mayor a 5%, excluyendo aleros.

Sin perjuicio de lo anterior, se podrá utilizar un cálculo dinámico para cualquier tipo de edificio si el equipo de proyecto así lo considera pertinente.

- 2) **Opción evaluación prescriptiva:** La evaluación prescriptiva podrá utilizarse sólo en los edificios que tengan cada una de las siguientes características: posee una superficie construida menor o igual a 700m², excluidos subterráneos y estacionamientos; funciona bajo un régimen de operación no continuo según horarios de referencia en el Apéndice 1 de la Certificación edificio Sustentable (ver anexo 6); posee un porcentaje de ventana igual o menor a 40% considerando todas las fachadas del edificio, siendo dicho porcentaje en fachadas E y O no superior al porcentaje en fachada N, NE y NO; posee un porcentaje de acristalamiento de la cubierta del edificio igual o menor a 5%, excluyendo aleros; poseen cargas internas menores o iguales a 40W/m² por ocupación, iluminación y equipos, considerando todos los recintos del edificio. Y deberá cumplir la transmitancia térmica en el valor de mínimo de la siguiente tabla:

Nivel	Transmitancia térmica (U - W/m ² K) para cubierta y pisos ventilados									Puntaje ^a
	NL	ND	NVT	CL	CI	SL	SI	SE	An	
Bueno ^e	0,40	0,25	0,40	0,35	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	3
Aceptable ^e	0,85	0,38	0,60	0,60	0,47	0,38	0,33	0,25	0,33	2
Mínimo ^{ef}	1,35	0,80	0,90	0,90	0,80	0,70	0,60	0,30	0,50	

Tabla 9: Transmitancia Térmica mínima para cubiertas (Tablas de referencia para evaluación prescriptiva CES, 2014, p.56)

Para la determinación de los valores de transmitancia térmica de elementos de la envolvente se podrán utilizar alguno de los siguientes métodos y referencias:

- a) Certificado de ensayo de la solución constructiva, emitido por un laboratorio nacional o internacional.
- b) Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del MINVU.
- c) Utilizar un material aislante etiquetado con el valor R100.
- d) Cálculo según normas NCh853: Of.2007. La conductividad térmica y densidad de los materiales se podrán obtener de:
 - Anexo A de la NCh853: Of.2007.

- Listado Oficial de Soluciones Constructivas del MINVU.
- Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica (MART) del MINVU.
- Certificado de ensayo emitido por un laboratorio nacional o internacional.

5.6 Normas Ahorro Recurso Hídrico

5.6.1 Reducción Evapotranspiración⁶

Fuente del estándar: Elaboración propia en base a Variable LEED: Water Efficient Landscaping, New Construction & Major Renovation V2.2, Reference Guide, 2007, U.S. Green Building Council (USGBC), y variable CES: Arquitectura Agua 8R, Paisajismo: Reducir Un 20% La Evapotranspiración., Certificación Edificio Sustentable, Manual para la Evaluación y Certificación V1, 2014, Sistema Nacional de Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios de Uso Público.

Indicador: Porcentaje [%] de disminución de la evapotranspiración [ETLmm]

Ámbito: Las áreas verdes de los Techos Verdes, entendiéndose “Área verde” según la O.G.U.C como la superficie de terreno destinada preferentemente al esparcimiento o circulación peatonal, conformada generalmente por especies vegetales y otros elementos complementarios; de todo edificio de uso público con destino de equipamiento cuya carga de ocupación total, es superior a 100 personas como lo define la O:GU:C, como también los que define CES como “edificios de uso público”, es decir aquellos con destino “equipamiento”, que se definen como “construcciones destinadas a complementar las funciones básicas de habitar, producir y circular, cualquiera sea su clase o escala”, y sin diferenciar propiedad y/o administración pública o privada.

Objetivo: Reducir el uso de agua para riego, sea esta agua potable o de otras fuentes de aguas superficiales o sub superficiales, en base a reducir la necesidad de agua de las especies vegetales del proyecto de paisajismo.

⁶ Evapotranspiración es la evaporación desde el suelo y desde la superficie cubierta por las plantas.

Requerimientos: Disminuir la evapotranspiración al menos un 20% respecto al caso de referencia o base. Se exceptúan de cumplir con este requerimiento obligatorio los edificios en zonas con precipitaciones anuales mayores que 500mm.

Procedimiento: Para calcular la reducción de riego por reducción de evapotranspiración en relación al caso base o de referencia en los Techos Verdes, se deberá aplicar la siguiente formula y proceder con las ecuaciones siguientes:

$$\% RET = ((ETLmm (R) - ETLmm) / (ETLmm (R))) \times 100$$

- **% RET:** porcentaje de reducción de evotranspiración
- **ETLmm:** evotranspiración del proyecto
- **ETLmm (R):** evotranspiración de referencia o caso base.

Los pasos a seguir son:

- 1) Definir sectores de paisajismo en función del factor especie, factor densidad, factor microclima y sistema de riego (ver Apéndice 2).
- 2) Calcular el coeficiente de paisajismo de referencia para cada sector de paisajismo según la siguiente formula:

$$KL(r) = Ks(r) \times Kd(r) \times Kmc(r)$$

- **KL(r):** coeficiente paisajismo de referencia.
- **K(r):** Factor especie de referencia.
- **Kd(r):** Factor densidad de referencia.
- **Km(r):** Factor microclima de referencia.

y aplicar los valores indicados en la columna “medio” de la Tabla Factores por tipo de vegetación siguiente:

Tipo de vegetación	Factor de Especie (K)s			Factor de densidad (K)d			Factor Microclima (K)mc		
	Bajo	Medio	Alto ⁽¹⁾	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Árboles	0,2	0,5	0,9	0,5	1	1,3	0,5	1	1,4
Arbustos, Trepadoras y Crasas	0,2	0,5	0,7	0,5	1	1,1	0,5	1	1,3
Gramíneas	0,3	0,6	0,8	0,5	1	1,1	0,5	1	1,3
Cactáceas	0,2	0,5	0,7	0,5	1	1,1	0,5	1	1,3
Cubresuelos, Tapizantes y Herbáceas	0,3	0,5	0,7	0,5	1	1,1	0,5	1	1,3
Aplicación mixta sin considerar césped	0,2	0,5	0,9	0,6	1,1	1,3	0,5	1	1,4
Césped	0,6	0,7	0,8	1 ⁽²⁾	1	1	0,8	1	1,2

Nota: Las crasas de bajo tamaño, por ejemplo la doca, se considerarán como Cubresuelo

(1) Estos son valores de referencia. En algunos casos el (k)s puede ser más alto, dependiendo de la especie. Por ejemplo, algunos tipos de césped o algunas especies tropicales o de climas lluviosos también pueden tener (k)s mayores a 1.

(2) La densidad del césped debiera considerarse siempre de valor 1

Tabla 10: Factores de Paisajismo (Fuente CES, 2014, p.149)

- 3) Calcular el coeficiente de paisajismo de proyecto para cada sector de paisajismo según la siguiente formula:

$$KL = Ks \times Kd \times Kmc$$

- *KL*: coeficiente paisajismo de proyecto.
- *K*: Factor especie de proyecto.
- *Kd*: Factor densidad de proyecto.
- *Km(r)*: Factor microclima de proyecto.
- Y aplicar los valores justificados por el proyectista reflejado en el proyecto de paisajismo y riego, y la Tabla Coeficiente Bajo de Paisajismo en Apéndice 2.

- 4) Calcular la evapotranspiración [ETLmm] del proyecto de referencia [ETLmm(r)] según las siguientes formulas:

$$ETLmm = ETomm \times KL$$

y

$$ETLmm(R) = ETomm \times KL(r)$$

- *KL*: Coeficiente Paisajismo (en mm)
- *KL(r)*: Coeficiente Paisajismo de referencia (en mm)
- *ETLmm(r)*: Evapotranspiración de referencia (en mm)
- *ETLmm*: Evapotranspiración de proyecto (en mm)
- *ETomm*: Evapotranspiración local (en mm) del mes más alto del año. Obtener este valor en la Comisión Nacional de Riego o en página web www.cnr.gob.cl

- 5) Calcular Evapotranspiración ponderada de referencia y de proyecto de acuerdo a la siguiente formula:

$$ETLmm = (\Sigma (m2 \text{ cada sector } pai) \times (ETLmm \text{ cada sector } pai)) / (m2 \text{ total } pai)$$

- 6) Calcular porcentaje de disminución de la evapotranspiración de proyecto con respecto a la evapotranspiración de referencia con la formula inicial:

$$\% RET = ((ETLmm (R) - ETLmm) / (ETLmm (R))) \times 100$$

5.6.2 Ahorro Consumo de Agua para Riego

Fuente del estándar: Elaboración propia de Variable LEED: Water Efficient Landscaping, New Construction & Mayor Renovation V2.2, Reference Guide, 2007, U.S. Green Building Council, y variable CES: Instalaciones Agua 20, Riego: Eficiencia Consumo de Agua para Riego., Certificación Edificio Sustentable, Manual para la Evaluación y Certificación V1, 2014, Sistema Nacional de Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios de Uso Público.

Indicadores: Porcentaje [%] de disminución del consumo de agua por sistema de riego.

Ámbito: Las áreas verdes de los Techos Verdes, entendiéndose “Área verde” según la O.G.U.C como la superficie de terreno destinada preferentemente al esparcimiento o circulación peatonal, conformada generalmente por especies vegetales y otros elementos complementarios; de todo edificio de uso público con destino de equipamiento cuya carga de ocupación total, es superior a 100 personas como lo define la O:GU:C, como también los que define CES como “edificios de uso público”, es decir aquellos con destino “equipamiento”, que se definen como “construcciones destinadas a complementar las funciones básicas de habitar, producir y circular, cualquiera sea su clase o escala”, y sin diferenciar propiedad y/o administración pública o privada.

Objetivo: Reducir el uso de agua para riego, sea esta agua potable o de otras fuentes de aguas superficiales o sub-superficiales, en base a la eficiencia del sistema de riego.

Requerimientos: El agua de riego deberá cumplir con la norma NCh 1333:Of.1978 de Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Reducir el consumo de agua potable o superficial (rio, lago, vertiente, etc.) o subterránea (napas) para riego al menos un 50% con respecto al caso de referencia en el mes más caluroso del año mediante:

- d) Sistema de riego eficiente (descripción en procedimientos a continuación)
- e) y/o aprovechamiento de aguas lluvias: se permite la utilización de agua lluvia para riego en todo edificio y debidamente recolectadas, para lo cual se deberá desarrollar un proyecto de recolección de aguas lluvias que optimice la captación de las precipitaciones anuales, maximizando el aprovechamiento tanto de las superficies edificadas de cubierta como de pavimentos exteriores, evitando en todo caso el escurrimiento de aguas lluvias hacia el exterior de los deslindes de la propiedad. Como antecedente de los niveles de pluviosidad, se deberá consultar la columna “normal anual” de la tabla de informe de precipitaciones de la página de la dirección meteorológica de Chile⁷⁵ o la tabla 3 de la NCh 1079:Of.2008 homologando las precipitaciones del lugar de emplazamiento del proyecto con la localidad a menor distancia en la tabla. En el anexo A1 se describen algunos valores para distintas localidades del país. El proyecto debe estimar una captación neta en base a las tablas citadas.
- f) y/o aguas grises: se permite la utilización de aguas grises para riego solo para los edificios que no cuenten con redes públicas de alcantarillado según lo dispuesto en el DS 1199/04 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS y debidamente tratadas, para lo cual se deberá desarrollar un proyecto de reciclaje de aguas grises con una red de recolección propia, diferenciándola de las redes de recolección de aguas lluvias. Los materiales, componentes, artefactos, equipos y sistemas especificados para su ejecución deberán acreditar su certificación de conformidad por laboratorios y organismos acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización, de acuerdo a los procedimientos de certificación que determine la autoridad competente. Junto con el proyecto de reciclaje de aguas grises, deberá entregarse un estudio de riesgos de salud en caso de presentarse cualquiera de estos proyectos, evitando en todo momento cualquier contacto humano directo con estos efluentes una vez en operación.

- Calidad del agua: Para ambos proyectos -aguas lluvias y aguas grises- se deberá definir sistemas apropiados de acumulación, filtrado y desinfección, de acuerdo a factores como el volumen acumulable, la forma y oportunidad de provisión y el destino de consumo, considerando el cumplimiento de los estándares incluidos en la NCh 1333: Of.1978 sobre calidad del agua. Asimismo, deberá resolverse la forma de manejo y disposición de los sedimentos generados.

Procedimiento: Para calcular la reducción de 50% de riego en relación al caso base o de referencia por eficiencia en el sistema de riego en los Techos Verdes, se deberá aplicar la siguiente formula y proceder con las ecuaciones siguientes:

$$\% \text{ RATD} = ((\text{ATDr} - \text{ATD}) / \text{ATDr}) \times 100$$

- **% RATD:** porcentaje de reducción demanda de agua de riego
- **ATDr:** agua demandada para riego de referencia o caso base.
- **ATD:** agua demandada para riego del proyecto

Los pasos a seguir son:

- 9) Definir sectores de paisajismo en función del factor especie, factor densidad, factor microclima y sistema de riego (ver Apéndice 2).
- 10) Calcular el agua demandada para riego de proyecto (AD) y referencia (ADr) para cada sector de paisajismo:

$$AD = (\text{Area sector paisajismo} \times \text{ETLmm} / \text{IE}) \times \text{CE}$$

y

$$ADr = (\text{Area sector paisajismo} \times \text{ETLmm} / \text{IE}) \times 1$$

- **AD:** agua demandada para riego de proyecto.
- **ADr:** agua demandada para riego de referencia.
- **ETLmm:** evapotranspiración del sector paisajismo (ver Apéndice 2)
- **CE:** Controlador de riego (factor). Si no incluye controlador de riego el factor utilizado debe ser 1.
- **IE:** eficiencia del sistema de riego según factores de comisión Nacional de Riego siguientes:

- 0,50 = Manual por manguera (eficiencia de referencia)
- 0,75 = Automatizado aspersion (regador de impacto)
- 0,80 = Automatizado aspersion (boquilla fija y rotores)
- 0,85 = Automatizado aspersion (rotores MP rotator)
- 0,85 = Automatizado microjet y micro-aspersores
- 0,90 = Automatizado goteo (se debe ajustar al facto de densidad (K) de la especie considerada en el cálculo del coeficiente de paisajismo (KL) (Ver Apéndice 2)

11) Sumar el agua total demandada para riego de cada sector de paisajismo tanto para el proyecto (ATD) como para la referencia(ATDr) de la forma siguiente:

$$(ATD) = \text{Agua demandada riego} - (\text{Agua reutilizada} + \text{Agua de otras fuentes})$$

12) El agua reutilizada se debe considerar de acuerdo a lo establecido en el Apéndice 21: Aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises.

13) En un Caso 1 (edificio en una zona con precipitaciones iguales o menores a 500mm), el agua total demandada (ATD) incluye el uso de agua de otras fuentes, tanto superficiales como subsuperficiales, que se encuentran dentro del terreno del proyecto.

14) En un Caso 2 (edificio en una zona con precipitaciones mayores a 500mm), el ATD sólo incluye agua potable, es decir el agua de otras fuentes superficiales y sub-superficiales podrá utilizarse para reducir el ATD.

15) En ambos casos, si se riega con agua de fuentes superficiales o sub-superficiales, se deberá demostrar que el volumen de agua consumida de dichas fuentes es igual o menor al agua lluvia captada, retenida y/o infiltrada en el terreno.

16) Calcular porcentaje de reducción de demanda de agua para el riego según la fórmula inicial:

$$\% RATD = ((ATDr - ATD) / ATDr) \times 100$$

5.7 Norma Reducción Isla de Calor

Fuente de estándar: Elaboración propia en base a la Moción Parlamentaria Para Modificar La Ley De Urbanismo y Construcción, Con el Objetivo de Exigir La Incorporación de Techos Verdes de las Obras de Edificación y Urbanización, Sesión 127,28.01.16.

Tipo requisito: requisito obligatorio en los nuevos edificios de los centros urbano.

Indicador: Porcentaje [%] de área mínima de Techo Verde

Ámbito: Áreas con vegetación de un Techo Verde (A título personal se agrega para mayor claridad se deben considerar solo las áreas con vegetación de un Techo Verde y se excluyen del cálculo el área con coberturas de otros tipos propias de la mantención, drenaje, circulación y otras superficies no plantadas como son los bordes de mantención con pavimentos o gravas, cajas o cámaras de registro drenaje aguas lluvias, áreas ocupados por filtros, bombas, válvulas y programadores de riegos, lucarnas, ductos de ventilación, senderos, mobiliario, etc.)

Objetivo: Contribuir a disminuir el fenómeno de isla de calor y cambio climático de los centros urbanos regulando el área mínima de Techo Verdes que deben tener los proyectos de construcción de edificios habitacionales, comerciales, industriales, de oficinas, bodegas o cualquier otro tipo, cuyo flujo de acceso requiera la elaboración de un estudio de impacto sobre el sistema de transporte urbano, EISTU, y/o si construcción contemple edificios de bloque(s) de departamentos (s), y otros que el reglamento señale.

Requerimientos: Se entenderá por techo verde, o cubierta vegetal toda manta de vegetación que se pueda instalar sobre los techos de edificación nuevas o existentes, para impermeabilizar, aislar térmicamente, manejar las aguas lluvias y aumentar las áreas verdes.

Procedimiento: Estimar el área mínima obligatoria de Techo Verde, la cual no deberá ser inferior al 50% del coeficiente de ocupación de suelo según lo establecido por la O.G.U.C que lo define como el número que multiplicado por la superficie total del predio, descontadas de esta última las áreas declaradas de utilidad pública, fija el máximo de metros cuadrados posibles de construir en el nivel de primer piso, aplicando la siguiente ecuación:

STV_{mín} = COS x 50%

- ***STV_{mín}***: superficie en m² de Techo Verde mínima.
- ***COS***: coeficiente de ocupación de suelo según lo establecido por la O.G.U.C

5.8 Norma Promoción Infraestructura Verde y Biodiversidad

Fuente de estándar: Elaboración propia en base a Variable LEED: Site Development, Protect and Restore Habitat, New Construction & Major Renovation V2.2, Reference Guide, 2007, U.S. Green Building Council (USGBC); y variable LEED: Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles para el Desarrollo de Núcleo y Envoltorio V2.0, Manual Consulta y Uso Público 2006, Consejo Construcción Verde España (CCVE).

Indicador: Superficie (m²) de vegetación

Ámbito: Edificaciones nuevas de más de dos pisos a emplazarse los centros urbanos.

Objetivo: Conservar las áreas naturales existentes y restaurar las áreas dañadas para proporcionar hábitat y promover la biodiversidad. Entiéndase “predio” según la definición de la O.G.U.C para referirse a sitios, macrolotes, terrenos, parcelas, fondos, y similares, de dominio público o privado, excluidos los bienes nacionales de uso público.

Requerimientos: Para restaurar o proteger vegetación para proporcionar hábitat y promover biodiversidad se definirá el área mínima según dos opciones: opción sin huella edificio en la cual se restaurará al menos un área mínima equivalente al 50% del área total del predio excluyendo la huella del edificio.

Se entenderá como huella del edificio al área confinada por la proyección en el suelo por la línea de caída de lluvia en vertical; y opción con huella edificio en la cual se restaurará al menos un área mínima del 20% del área total del predio incluyendo la huella del edificio.

Se entenderá como vegetación que promueva la biodiversidad a la vegetación autóctona o adaptada como especies propias de una localidad o que están adaptados al clima local y no se consideran especies invasoras ni maleza nociva. Para determinarla se utilizará agencias gubernamentales locales y regionales, consultores, servicios de formación, y asociaciones de plantas autóctonas como

recursos para la selección de plantas autóctonas o adaptadas apropiadas. Se excluirán las especies que figuren en listas como invasoras o especies de maleza nociva.

Se entenderá como vegetación que proporciona hábitat a la vegetación nativa o adaptada que provean alimento, refugio y nidificación principalmente a aves e insectos.

Procedimiento: Estimar el área mínima vegetación nativa o adaptada mediante las siguientes ecuaciones y se seleccionará aquella área que resulte mayor para su aplicación como requerimiento de área mínima a implementar:

$$STV + SAV. = 50\% AP - (HE)$$

O

$$STV + SAV. = 20\% AP + (HE)$$

- *STV: superficie en m² de vegetación en Techo Verde.*
- *SAV: superficie en m² de vegetación en Area Verde nivel calle.*
- *AP: área total del predio.*
- *HE: huella del edificio que corresponde al área confinada por la proyección en el suelo de la línea de caída de lluvia en vertical.*

6. CAPITULO VI – CONCLUSIONES - RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Al respecto del objetivo general de desarrollar una propuesta base de normas constructivas para implementar techos verdes que contribuyan a mitigar el cambio climático en concordancia con las metas y medidas del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), se concluye que:

- Hay suficiente información sólida de estándares, estrategias y normas rescatadas de experiencias internacionales que pueden ser transferidas, con leves adaptaciones, a nuestros instrumentos de planificación territorial.
- Las estrategias de ciudades europeas, Toronto y Córdoba, tienen normas coincidentes a las necesidades ambientales de Chile como se refleja en las similitudes de las prestaciones ambientales que deben contribuir los Techos Verdes en esos países, y las manifestadas en las dos mociones de modificación a la Ley de Urbanismo y Construcción de Chile.
- Para cumplir con las metas y medidas del PANCC estas normas deben propiciar las prestaciones ambientales de filtrar contaminación, manejar aguas lluvias, contribuir a la eficiencia energética, ahorrar recursos hídricos, reducir el efecto isla de calor, y propulsar infraestructura verde y biodiversidad.

En cuanto al primer objetivo específico de caracterizar los actuales sistemas y beneficios de los Techos Verdes, se concluye que

- Que un Techo Verde está compuesto por varias capas, que ordenadas desde abajo hacia arriba se resumen en lámina o barrera antiraíz en caso que la impermeabilización no lo sea, manta protectora de impermeabilización y retenedora de nutrientes y agua, bandeja drenate y retenedora de agua, medio de crecimiento estándar o directriz FLL, y vegetación según condiciones ambientales y requerimientos ambientales.
- Un Techo Verde y un jardín tradicional se ven similares por arriba, es decir a nivel de follaje, pero son totalmente distintos bajo el. Un Techo Verde es un sistema que permite crear infraestructura vegetal sobre una edificación cualquiera, compensando la desconexión de las plantas a la ilimitada profundidad del suelo natural, con un delgado sistema tecnológico compuesto de medio de crecimiento, geotextiles y bandejas drenantes –

retenedoras, que en conjunto crean una napa de agua y aire sobre la superficie pavimentada; asegurando la vida de las plantas en iguales o mejores condiciones que en la naturaleza misma.

- Que los Techos Verdes se pueden construir combinando capas y medios de crecimiento de distintos tipos, para diseñar el sistema más adecuado a la prestación ambiental que se requiera, adaptarse al clima y condiciones de funcionalidad del edificio, y a la vegetación que sustente.
- Que también se incluyen en categoría de Techos Verdes sistemas sin vegetación para manejar aguas lluvias, aislar térmica y acústicamente, y ser complemento de las áreas vegetadas para fines de acceso y/o circulación, en cuyo caso la composición es manta protectora de impermeabilización, bandeja protectora, aislante de ruido, drenante y/retenedora de agua según lo que se requiera, grava, gravilla y/o pavimento. Para algunos casos se reemplaza la bandeja y grava o gravilla, por pedestales o plots para soportar pavimentos.

Con respecto a los restantes tres objetivos específicos de poder determinar las herramientas y estrategias nacionales e internacionales en las cuales se debe enmarcar el desarrollo de techos verdes, de seleccionar las herramientas y estrategias más incidentes implementados por ciudades para la mitigación del cambio climático, y de diseñar una propuesta base de normas constructivas para implementar techos verdes que contribuyan a mitigar el cambio climático en concordancia con las metas y medidas del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), se llega a las siguientes conclusiones:

- Los incentivos de mayor impacto para la implementación de Techos Verdes son la difusión de los medios de comunicación e internet, la aplicación de normas de construcción, paisajismo, energía u otro, los beneficios económicos obtenidos por las prestaciones ambientales de los Techos Verdes en manejo de agua, mejora calidad del aire, eficiencia energética y reducción efecto isla de calor, y el beneficio ambiental de aumentar la biodiversidad.
- Las Directrices FLL tienen reconocimiento internacional y nacional como un guía validada por “el buen arte de construir” para el diseño, construcción y mantención de Techos Verdes, por lo no se ve necesidad de crear una guía propia, sino más bien aprobarla normativamente

para su aplicación nacional, como ha sucedido con otras normas internacionales ambientales en los sectores de energía, construcción, e infraestructura.

- Los Techos Verdes para contribuir a la mitigación del cambio climático deberán tener al menos las siguientes prestaciones ambientales de Filtrar Contaminación para moderar el efecto urbano de isla de calor y mejorar la composición del aire mediante la filtración de sus contaminantes; de Manejar Aguas Lluvias para reducir el riesgo de inundaciones urbanas, mediante la disminución de las escorrentías en áreas altamente ocupadas; de Eficiencia Energética para bajar las temperaturas internas de los edificios bajando los consumos energéticos y disminuir riesgos de salud durante períodos de calor extremo mediante técnicas de enfriamiento pasivo; de Ahorro Recurso Hídrico para reducir el uso de agua potable para riego mediante selección de especies y uso de aguas lluvias; de Reducción Isla De Calor para reducir las altas temperaturas; de Propulsar Infraestructura Verde para la conservación de biodiversidad, restauración de ecosistemas, contrarrestar islas de calor, protección contra inundaciones, mejor calidad del aire, reducción de contaminación acústica, y provisión de áreas de recreación, entre otros.
- Las ciudades que adoptan programas de implementación de Techos Verdes, toman como base los estándares utilizados en otras ciudades con experiencias más antiguas y los adaptan a las necesidades locales, como lo demuestra la recurrente utilización las Directrices FLL y las estrategias europeas.
- Es interesante ver que los países europeos por la antigüedad de sus programas de implementación de Techos Verdes, resuelven los mismos problemas ambientales planteados en el PACC, pero los iniciaron en sentido inverso a Chile, es decir en vez de tener una política pública macro , como es el PACC y sus planes derivados e todos los sectores, dentro de los cuales surge la necesidad de un programa de techos verdes urbano como medida holística para abarcar varias metas ambientales ante el cambio climático de manera natural y pasiva (en comparación a usar artefactos o maquinas), los europeos lo generaron para los beneficios ambientales ya nombrados como también para ofrecer al ciudadano espacios recreativos, de goce espiritual y estético, además de hábitat de micro fauna, insectos, y aves, generaron un programa obligatorio de techos verdes urbano, que hoy contribuye a resolver una necesidad mundial que abarca todos los sectores sin haber tenido un plan previo nacional de resiliencia o acción al cambio climático, anticipándose en décadas a la necesidad actual de tomar acción urgente ante el cambio climático.

6.2 RECOMENDACIONES

- **Se recomienda implementar Techos Verdes en edificios tanto nuevos como ya construidos** ante la urgencia de reducir 20% GEI para el 2020, avalado en los buenos resultados de países europeos y desarrollados, y en consideración que los gastos energéticos por climatización en viviendas antiguas supera a las nuevas que tienen ya incorporado la normativa térmica para eficiencia energética, como se deduce de las siguientes tablas:

Tabla 11. Consumo Energético por climatización en la vivienda (elaboración propia según fuente Calificación Energética del MINVU, 2010)

CONSUMO ENERGIA CHILE POR SECTORES	
Industrial minero	38%
Transporte	33%
Residencial - público - comercial	26%
Energético	3%
CONSUMO ENERGIA SECTOR RESIDENCIAL - PUBLICO - COMERCIAL	
Residencial	79%
Público - comercial	26%
CONSUMO ENERGIA RESIDENCIAL	
Climatización	56%
Agua caliente sanitaria	18%
Cocina	7%
Refrigerador	5%
Iluminación	3%
Otros	11%
CONSUMO VIVIENDAS SEGÚN AÑO	
Viviendas construidas antes 2000	86%
Viviendas construidas 2001-2007	12%
Viviendas construidas 2008-2010	1.60%

Resultando que la climatización equivale al 9,6% de la energía utilizada en el país. Si se considera que un Techo Verde puede ahorrar hasta un 25% de energía para climatización por aislación térmica, se obtiene un ahorro equivalente al 2,4% del total del país. En la actualidad existen normas e incentivos para ahorro de energía en iluminación y agua caliente sanitaria que inciden menos – según se observa en las tablas anteriores – que lo que podría lograr un Techo Verde por sí solo, hace más que recomendable incorporar los Techos Verdes en la normativa térmica y de construcción actual.

- **Se recomienda implementar con financiamiento propio –mientras se busquen otros mecanismos - todas las medidas conocidas para mitigar y adaptarnos al CC** para los años 2020, 2030 y 2050, si no queremos vivir la próxima extinción del mundo que conocemos y de nosotros mismos. Si bien es cierto que es necesario pensar en incentivos económicos para apoyar la implementación de Techos Verdes, en la actualidad el CC es prioridad, y no debe ralentizarse su introducción debido a que aún no se cuenta con financiamiento tributario u otro; del mismo modo que no se va al doctor o se compra medicamentos estando enfermo, solo cuando existe un mecanismo de financiamiento para ello. Más bien es al revés, se relegan otros gastos en virtud de la urgencia y prioridad de recuperar la salud. Hoy la situación es similar, la prioridad es estabilizar la temperatura y mitigar los efectos del CC para recuperar la salud planetaria, relegando otros gastos para rescatarlos y/o cubrirlos posteriormente. De nada servirá avanzar en crear un mecanismo de financiación para la mitigación y adaptación antes de implementar medidas, si no se avanza primero en implementarlas para tener un planeta en el cual vivir.

Como referencia para el financiamiento propio se debe considerar que el costo de un Techo Verde con tecnología para garantizar más de 10 años de buen funcionamiento (en Europa existen techos verdes con más de 40 años sin fallas de impermeabilización, drenaje, medio de crecimiento y vegetación), para cumplir con prestaciones ambientales de filtrar contaminación, manejar aguas lluvias, eficiencia energética, ahorro recurso hídrico, reducción de isla de calor, y propulsar infraestructura verde, se valoriza actualmente entre 3 a 6 UF/m² neto llave en mano; e incluye sistema tecnológico compuesto por manta protectora impermeabilización y retenedora de agua + bandeja acumuladora y drenante de agua + filtro + medio de crecimiento formulado con directrices FLL(*) + riego automático + vegetación + mano de obra + gastos generales y utilidad. Estos valores corresponden a instalación por empresa o contratista, ya que si es autoconstrucción el valor disminuye.

(*) Medio de crecimiento formulado con directrices FLL, son mezclas diseñadas con las directrices FLL especialmente para la vegetación, clima, uso y prestaciones ambientales de cada tipo de techo verde y las singularidades propias de cada emplazamiento. No es tierra o mezclas tradicionales usadas en jardinería sobre suelo natural. La razón de esto, es que el medio de crecimiento es apto para mantener su estructura por años sin compactarse, descomponerse, requerir relleno, o afectarse por las extremas de temperatura, entre otras razones; y además se requieren menos espesores y retienen más agua que las mezclas de tierra.



Figura 6-1. Ejemplo Techo Verde extensivo con prestaciones ambientales Cambio Climático en Santiago, realizado el año 2012 por Habitat Sustentable Ltda y Sistema tecnológico ZinCo. (Fuente propia del año de primera mantención 2013)

Para comprender los alcances de estos costos en comparación a otras alternativas muy usadas para las azoteas de los edificios, se menciona que la provisión de un deck de madera sobre pedestales tiene un costo de \$64.000 m² más IVA, y uno de gres porcelánico sobre pedestales de \$55.000 m² más IVA.

Se recomienda darle carácter de urgencia al Proyecto Ley para el CC, el cual según la prensa y documentos del MMA se pretende aprobar antes del 2018, y prioridad a la Moción del 2016 para modificar la O.G.U.C y hacer obligatorio los Techo Verdes en proyectos sometidos a EISTU, y ampliar esta obligatoriedad a todo tipo de edificaciones en zonas urbanas. Al revisar los proyectos reclamados como prioritarios en los medios, aparecen proyectos para transporte y telecomunicaciones, turismo, aviso preventivo de catástrofes, criminalidad, salud, conservación de biodiversidad, protección de mascotas, y similares. Al parecer prima la visión economicista sobre la propia supervivencia, calidad de vida y desarrollo sustentable. Al igual que la recomendación anterior, debe primar el sentido común, que solo si tenemos planeta como lo conocemos hoy, será posible desarrollar las actividades sobre las cuales se quiere normar de carácter urgente y relegar la normativa del CC a tiempos futuros.

Se recomienda cambiar el paradigma de la ciudad, de una sumatoria de sistemas que cumplen funciones únicas, a un ecosistema multi propósito, donde los Techos Verdes presentan la oportunidad de desdibujar la línea que separa lo artificial de lo natural. Hasta hoy día, el hacer urbano un territorio ha significado pavimentar la tierra, sellar las ciénagas, encauzar los ríos, rasar los cerros, detener el viento, temperar el aire, etc. cortando los ciclos y sinergias naturales, y distanciando al hombre de su entorno. Los Techos Verdes son una remediación efectiva para recuperar los balances naturales en tanto en las urbes como en el planeta, ya que las ciudades aunque representan menos del 2% de la superficie de la tierra, consumen el 78% de la energía mundial, emiten el 70% de los gases efecto invernadero, y en el caso de Chile, acogen el 87 % de la población nacional.

7. BIBLIOGRAFIA

- Guía de techos verdes y jardines verticales, una piel verde para Bogotá, 2014
- Brasil, ley No 18.112 /2015 Telhado Verde Recife
- Ordenanza N° 12548, El Concejo Deliberante de la Ciudad de Córdoba Sanciona con Fuerza de Orden, Título I disposición Preliminares Capítulo I objetivos y ámbito de aplicación.
- Guía de Techos Verdes en Bogotá, 2011
- Green Roof Policy Toolkit
- La Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Sanciona con Fuerza de Ley, 2012
- Ordenanza N° 496-MSB, El Consejo de la Municipalidad Distrital de San Borja, 2013
- Normas Legales, Municipalidad de San Miguel, Ordenanza N° 232-MDSM, 2012
- Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales, xxxx
- Manual para el Diseño e Instalación de un Azotea verde, Tesis Profesional, Irais Guadalupe S. 2012,
- Convención arco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, Naciones Unidas, 1992
- Estrategias Nacional de Cambio Climático, Comité Nacional Asesor Sobre Cambio Global, 2006
- IPCC Tercer Informe de Evaluación, Anexo B, Glosario de Términos, 2001
- Cambio Climático: Amenazas y Oportunidades para Chile, Estrategia Nacional de Cambio Climático. 2006
- Nota Informativa ENCCRV, Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales, 2017
- International Green Roof City Network, Recuperado de <http://www.igra-world.com/>
- Diagnóstico de los Desafíos Planteados por el Cambio Climático de Chile, preparado por el centro de cambio global y el centro de políticas públicas de la universidad católica de chile para el banco interamericano de desarrollo, 2010
- Manual Evaluación y Calificación, Versión, Sistema Nacional de Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios de uso Público, 2014.
- Capítulo 2, Drenaje Urbano de Aguas Lluvias

- Circular ORD. N° 300 Artículos, 5.1.11. Y 6.1.5. O.G.U.C, Superficie Edificada, cálculo de Superficie, 2002
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional, Manual de Tasaciones para el Subsidio Habitacional, Cuerpo N°3
- Manual de Aplicación Reglamentación Térmica, O.G.U.C, Artículo 4.1.10, 2006
- Resumen de Modificaciones y rectificaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, 2017
- Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos, Guía de Diseño, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1996.
- Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades, Las Ciudades de Mañana: El Reto para hoy División de Cambio Climático, Depto. Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo de Capacidades, 2017.
- Anexo 3: Estudio encargado por MMA: Cedeus; Adapt Chile; Centro UC. 2014, p. 86
- Propuesta Plan de Adaptación al Cambio Climático, 2012, p. 16-18
- Manual de Implementación para el Plan de Adaptación al Cambio Climático para la RMS, 2012
- Política de techo verde, 2017, p. 1-10
- La legislatura de la ciudad autónoma de buenos aires sanciona con fuerza de ley, 2012, p. Modifica la ley de urbanismo y construcciones, con el objetivo de exigir la incorporación de techos verdes en las obras de edificación y urbanización, 2016, p. 12,13
- Normas legales de Lima, 2012, p. 1,2
- Factibilidad de incorporación de cubiertas vegetales en viviendas económicas de conjuntos block colectivos, Felipe Toledo Quijada, 2016, p.51)
- Hot Temperature, Human Capital and Adaptation to Climate Change Jisung Park, September 4, 2017

Páginas Web:

- <https://web.toronto.ca/>
- <http://www.chilegbc.cl/>
- <http://www.igra-world.com/>
- <http://www.zinco-greenroof.com/>
- <http://www.zinco.cl/web/>
- <http://certificacionsustentable.cl/>

- <https://new.usgbc.org/leed/>
- <https://www.gbcs.com/>
- <https://www.fll.de/>
- <http://portal.mma.gob.cl/>
- <http://www.minvu.cl/>
- <http://www.mop.cl/>
- <http://www.cchc.cl/>
- <http://www.cdt.cl/>
- <http://socc.es/>