

## **Visión de las cubiertas naturadas desde un marco referencial.**

*Vision of the green roofs from a referential mark.*



### **Ing. Marifeli Batlle Avilés.**

Maestrante en Ingeniería Civil

Empresa de Proyectos de Obras de Arquitectura. EMPROY-2, La Habana, Cuba.

E-mail: [marifeli@emproy2.co.cu](mailto:marifeli@emproy2.co.cu)



### **Dr. Ing. María Luisa Rivada Vázquez**

Profesora Titular "Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría", ISPJAE, La Habana, Cuba.

Presidenta del Comité Técnico de Normalización del MICONS No.7

Impermeabilización.

Teléfono 72663842 [E-mail:rivada@civil.cujae.edu.cu](mailto:rivada@civil.cujae.edu.cu)

Recibido: 23-02-16

Aceptado: 06-04-16

### **Resumen:**

El presente artículo constituye el marco referencial de la tesis de maestría "Diseño de cubiertas naturadas extensivas en ciudad de La Habana", que tiene como objeto de estudio este sistema a partir de canteros experimentales ubicados en el "Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría", ISPJAE, La Habana, Cuba. Para ello se examinó la documentación más reciente de las cubiertas verdes a nivel internacional y en el ámbito nacional. Las principales ventajas, de estos sistemas con naturaleza integrada, tales como la reducción de temperatura y la retención hídrica, son analizadas en el transcurso de la investigación. La autora emprende una evaluación de diseños precedentes que se ejecutaron desde el año 2003 en el área experimental, los cuales resultaron en general fallidos. Entre las dificultades encontradas se pueden mencionar la falta de mantenimiento, la no adecuación de los sustratos al tipo de plantas, así como la gran variedad de vegetación utilizada. Asimismo, se evalúa la situación del país en cuanto a los índices de áreas verdes, al incremento de las precipitaciones y las fluctuaciones de temperatura en el último año, factores que apoyan de manera positiva la implementación de las cubiertas naturadas en la ciudad a una mayor escala.

**Palabras clave:** Cubiertas naturadas, Retención Hídrica, Reducción de Temperatura

### **Abstract:**

This article constitutes the reference framework of the Master's thesis "Design of green roof extensive in Havana City", whose study object of this system starting from experimental stonemasons located at the Polytechnic Superior Institute José A. Hecheverría, ISPJAE, Havana, Cuba. For this, the latest documentation of the green roofs internationally and at national level was examined. The main advantages of these systems with integrated nature, such as reduced temperature and the hydric retention, are analyzed in the course of investigation. The author undertakes and evaluation of precedent

design that were implemented since 2003. In the experimental area, which were failed in general. Among the difficulties encountered can be mentioned the lack of maintenance, the non adaptation of the substrates to the type of plants as well as the great variety of vegetations used. Also the country's situation is also evaluated as for the indexes of green areas, the increase of the precipitations and temperature fluctuations in the last year, factors that positively support the implementation of the green roof in the city to a bigger scale.

**Keywords:** Green roofs, Retention Hydric, Reduction of Temperature.

## **Introducción:**

Como parte de la investigación que se lleva a cabo en el ISPJAE, en el presente trabajo se realiza un recorrido que abarca desde la caracterización de los componentes que forman parte del sistema de cubiertas naturadas, las ventajas que ellas proporcionan, su tipología, hasta las leyes que regulan su proceso.

Este modelo experimental de cubierta naturada ha sido ejecutado y rediseñado en varias ocasiones, desde el año 2003, como objeto de estudio de diferentes investigadores bajo las condiciones ambientales del país. Actualmente se valoran los diseños anteriores a fin de conocer los errores cometidos y evaluar sus resultados.

Los beneficios que traen consigo la implementación de cubiertas naturadas, tales como la retención hídrica y la reducción de las elevadas temperaturas, son otros de los temas que se abordan. La influencia del cambio climático en La Habana figura como la causa fundamental de elevados valores de temperaturas y de inundaciones que se extienden cada vez más durante todo el año; sin embargo, estos factores pueden ser atenuados con la puesta en práctica de los sistemas de cubiertas naturadas.

## **Marco conceptual.**

Los términos utilizados para definir el objeto de estudio, sus características y funciones son de gran utilidad para facilitar la comprensión del tema de referencia. Por este motivo a continuación se definen los más utilizados a lo largo del artículo.

**Cubierta:** Elemento o conjunto de elementos que constituyen el cerramiento superior de una edificación, comprendidos entre la superficie inferior del último piso y el acabado con el exterior. (Cubana, 2006)

Los términos cubierta "naturada", "verde" o "enjardinada" se usan indistintamente como traducciones del original "Green Roof", surgido en los países de habla inglesa. En la literatura internacional en lengua hispana se les conoce mayormente con el nombre de "techos verdes". Sin embargo, en las investigaciones precedentes en Cuba se ha empleado el término cubierta naturada, siendo este el que se usa a lo largo de esta investigación.

**Cubierta Naturada:** Cubierta de un edificio que está parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado.

**Cubierta Naturada Intensiva:** Son accesibles y tienen sustratos espesos que alojan una variedad de plantas, suelen precisar de una estructura de soporte reforzada. Generan un mayor potencial para la biodiversidad.

**Cubierta Naturada Extensiva:** Son livianas, de bajo mantenimiento y generalmente inaccesibles. Se plantan en ellas especies con poco requerimiento de humedad. Son aptas para grandes áreas y recomendadas para proyectos de remodelaciones.

**Retención Hídrica:** Capacidad de una cubierta naturada de almacenar agua pluvial en el sustrato, de donde es absorbida por las plantas y luego devuelta a la atmósfera mediante el proceso de evaporación y transpiración.

**Reducción de temperatura:** La temperatura es una propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por partícula. Su reducción está dada por la manera de disminuir su estado para mejorar el confort térmico.

**Sustrato:** En la biología, el concepto de sustrato está vinculado a la superficie en la que vive un animal o una planta, que está formado tanto por factores bióticos como abióticos.

Ing. Marifeli Batlle Avilés, Dr. Ing. María Luisa Rivada Vázquez. *Visión de las cubiertas naturadas desde un marco referencial.*

**Vegetación:** Es la cobertura de plantas (flora) salvajes o cultivadas que crecen espontáneamente sobre la superficie de suelo o en un medio acuático.

**Antecedentes a nivel mundial.**

Luego de una revisión bibliográfica en el tema de referencia, se puede constatar que los antecedentes de las cubiertas naturadas, se remontan a los antiguos Jardines Colgantes de Babilonia. Construidos en el 600 a. c, son considerados por diversos autores como uno de los primeros exponentes de esta tipología. Aunque no se registran restos arqueológicos, se conoce de su existencia gracias a las descripciones de antiguos historiadores, donde se identifica una siembra de vegetación en relleno de tierra sobre estructura portante. (Montero, 2011). (Fig.1).



**Fig.1. Jardines colgantes de Babilonia. Fuente: (Montero, 2011)**

Durante la Edad Media y el Renacimiento en Europa, figuraron ejemplos muchos más modestos, donde se utilizaba turba en los techados y en las paredes para evitar fugas de temperaturas. Se puede afirmar que los países que cuentan con una tradición de cubiertas con turba o césped son: Suecia, Finlandia, Islandia, Dinamarca, Noruega y Groenlandia. (Rosa, 2015) Fig.2



**Fig.2. Casa tradicional de turba en Finlandia. Fuente: (Rosa, 2015)**

Los primeros estudios sobre los techos verdes se llevaron a cabo en Alemania, en la década de 1960, dirigidos por Reinhard Bornkamm, un botánico de la Universidad de Berlín, quien evaluó cómo se establecía la vegetación en los techos de grava. El mismo es considerado el padre de los techos verdes modernos y sus casos de estudio permanecen intactos en Berlín hoy en día. (Heredia, 2012)

Alemania es el país con mayor desarrollo en estas cubiertas en más corto plazo, desde los primeros estudios en el año 1960 se instalaron en el país 1 millón de metros cuadrados de cubiertas naturadas, en un periodo de 29 años. Dicha cifra se disiparía hasta los 10 millones de metros cuadrados en 1996.

Aunque aún en el año 1939 no existía, en la región americana, un conocimiento consolidado como para desarrollar este tipo de sistemas se construye en el Rockefeller Center (EEUU) una cubierta naturada que perdura hoy en día, siendo este uno de los primeros ejemplos en América.

Asimismo, resulta significativo que la cubierta naturada más grande de Latinoamérica se encuentra en el INFONAVIT, México, con 5 000 m<sup>2</sup>, posee gran variedad de plantas, 300 metros de pista para trotar y un espacio para ejercitar yoga. (Conalec-Sec, 2013).

Se debe destacar también a Argentina, como país pionero de Latinoamérica de proyectos a gran escala, con su propósito "Verde Sobre Gris" que busca convertir en cubiertas jardín 3 500 de las 20 000 hectáreas de la ciudad de Buenos Aires. (Vázquez., 2012)

### Antecedentes en Cuba.

En el archipiélago cubano se han desarrollado fundamentalmente en la década del 60 del pasado siglo ejemplos en cuanto al uso de cubiertas naturadas. La autora recoge a continuación los ejemplos que ameritan ser mencionados debido a la buena ejecución con la que fueron concebidos y a su permanencia hoy en día.

El edificio FOCSA, construido en el año 1956, se planteó como una pequeña ciudad autosuficiente, donde se incluyeron las cubiertas naturadas en la parte superior de su basamento. (Díaz, 2012)

En 1961, se culmina el Reparto Camilo Cienfuegos como parte de la expansión de la capital hacia la zona este de la bahía. Con un carácter social se construyen los Círculos Infantiles de esta área, en los cuales se ejecutaron como estructuras de cierre superior cubiertas jardines. (Fig 3)



**Fig.3. Cubiertas Jardín en Círculos Infantiles. Reparto Camilo Cienfuegos. La Habana Fuente: Donación Habitantes del Reparto.**

La heladería Coppelia diseñada por el arquitecto Mario Girona, en 1966, fue concebida con cubiertas jardín en una de sus áreas laterales. En visita realizada al centro se pudo verificar por la autora que, aún sin el mantenimiento requerido, las especies de vegetación se mantienen fuertes, así como se conserva el sustrato. (Fig 4)



**Fig.4. Heladería Coppelia. Fuente: (MORALES, 2015)**

Los significativos avances a escala internacional en cuanto a materiales y a técnicas constructivas, ha conllevado a que en que la última década, se hayan incrementado considerablemente la instalación de estas cubiertas. Si bien la región europea ha figurado como líder indiscutible en esta tipología, América se ha sumado a la realización de este tipo de estructuras, siendo Argentina y México los paradigmas en su implementación. En Cuba se ha producido un estancamiento en la evolución de las cubiertas naturadas. Sin embargo, en el nuevo milenio se han comenzado a dar los primeros pasos para restituir los estudios, diseños y ejecuciones de cubiertas naturadas, aun así resulta insuficiente su gestión de manera general.

### Diseños anteriores de la cubierta prototipo del ISPJAE.

Un ejemplo que encamina la experimentación del tema de estudio en el país es la cubierta prototipo del ISPJAE, concebido originalmente en el 2003. Se diseñó y ejecutó, en cuatro cuadrantes con una superposición de capas de distintos materiales. La selección de dichos componentes se realizó bajo la base de la adaptabilidad, funcionabilidad y el factor económico. (Calderín, 2003) (Fig.5)

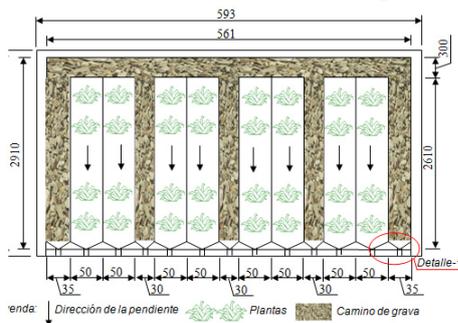


**Fig. 5 Distribución de las plantas Año 2003. Fuente: (MORALES, 2015)**

Ing. Marifeli Batlle Avilés, Dr. Ing. María Luisa Rivada Vázquez. *Visión de las cubiertas naturadas desde un marco referencial.*

Se considera que la variabilidad de las capas componentes, así como de los tipos de vegetación (14 tipos), no condujo a resultados concretos, sobre la correcta selección de especies a implantar en La Habana. Es conveniente destacar que el sustrato fue una mezcla experimental muy difícil de obtener. A lo anterior se le suma la falta de mantenimiento, con lo cual se deduce que para las cubiertas extensivas en el país es imprescindible prever técnicas de conservación.

Con posterioridad, en el año 2011, se decide rediseñar la misma, la cual quedó compuesta por cuatro parcelas, todas en el sentido del vector de máxima pendiente, divididas por caminos de grava de 35 cm para facilitar el mantenimiento. (Fig 6)



**Fig. 6 Distribución de las plantas por parcelas Año 2011.**  
Fuente: (MORALES, 2015)

Durante los diseños precedentes, se obtuvieron buenos resultados con los materiales de producción nacional, como el impermeable (manta auto protegida Lamisfal Alú), el conformador de pendiente (poliestireno expandido) y por último la zeolita como capa drenante; por lo que se puede afirmar que son recomendables para su utilización con el objetivo primordial de reducir costos.

Es conveniente destacar que en materia de experimentación solo se concretaron acciones en el año 2003 y en el año 2011, donde se materializaron ensayos de temperatura y de caracterización de las mezclas del sustrato. En cuanto al funcionamiento del sistema de cubiertas extensivas no han sido suficientes los ensayos para verificar el comportamiento de sus propiedades como la reducción de temperatura; mientras que en el caso de la retención hídrica no figura ninguna investigación precedente.

### Marco Legal.

En cuanto a cubiertas naturadas a nivel internacional se han implementado legislaciones u normativas en varios países, primando dos objetivos fundamentales, uno el de incrementar sus construcciones, y el segundo regular su diseño de una manera adecuada; aunque aún la minoría de los países es la que cuenta con un marco legal para este sistema. Para la presente investigación se han tomado como referencia normativas de diferentes continentes para realizar un análisis de la situación actual, incluyendo el contexto nacional.

- **ASTM International 2005** Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Green Roof Systems. E2398-05:3. (S/A, 2006)
- **ASTM International WK25385** | New Guide for Green Roof Systems. (S/A, 2006)
- **NTJ 11 E. Cubiertas ecológicas extensivas.** Publicado por el Colegio Técnico Oficial de Ingenieros Agrícolas y Peritos Agrícolas de Cataluña, España. (S/A, 1999)
- **NADF-013-RNAT-2007, Norma Ambiental** para el Distrito Federal, México, siendo ésta la primera de Latinoamérica, que establece especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de naturación. (Mexicana, 2013)
- **Ley 4428 - Implementación de Techos o Terrazas Verdes,** Buenos Aires Argentina. (S/A, 2009b)
- **Acuerdo no. 386 de 2009** "Promueve y estimula las tecnologías de creación de techos verdes" en Bogotá, Colombia. (S/A, 2009a)

Luego de estudiar dicha documentación se puede asegurar que las normas ASTM, mediante su grupo de trabajo de cubiertas verdes, manifiestan un gran avance en cuanto a la regulación de los ensayos, más comúnmente realizados a las cubiertas naturadas. Su documentación reglamenta por separado cada

experimento a realizar, como es el caso de la permeabilidad al agua. No siendo de esta forma en el resto de las normas analizadas de Latinoamérica.

En la norma publicada en Cataluña, España (NTJ 11 E) Cubiertas ecológicas extensivas, se detalla técnicamente de manera correcta como diseñar el sistema constructivo, presentándose un compendio completo de todo el proceso de ejecución. Se incluyen desde las verificaciones previas, hasta las de control a las que deberán ser sometidas las cubiertas naturadas con posterioridad a su montaje.

A diferencia de la mencionada anteriormente en España, en la norma vigente en México, no se evidencian verificaciones de control u ensayos a la cubierta en cualquiera de los pasos de su ejecución. Aunque pueden existir normas independientes en el país que amparen este proceso de control, no obstante se considera que es más oportuno describir en una norma integral todo el proceso.

En Buenos Aires, Argentina y en Bogotá, Colombia; se han implementado las cubiertas naturadas mediante leyes o regulaciones, donde se establecen requisitos para su instalación; sin embargo, los requerimientos para los materiales a utilizarse como capas componentes, son incluidos en otra documentación como la “Guía de techos verdes en Bogotá”, no siendo precisamente de obligatorio cumplimiento. (Bogotá, 2011)

Hasta el momento en Cuba, solamente se ampara el diseño del tema de esta investigación, en la Norma Cubana NC 55:2006, la cual establece las partes componentes de la cubierta ajardinada; sin embargo no regula los posibles materiales a utilizar ni presenta detalles de secciones de los puntos singulares. No obstante es de interés aplicar en la investigación otras normas cubanas que legislan partes del proceso de diseño y ejecución de las cubiertas naturadas. (55-2006, 2006)

Al confrontarse las normas cubanas con las normas internacionales analizadas; como las normas ASTM, la norma mexicana y la norma española, se aprecian diferencias considerables. En la misma no son indicados requerimientos de diseño de vital importancia para las capas componentes, así como los materiales a utilizar por cada una de ellas incluyendo recomendaciones de los tipos de vegetación a utilizar.

### Clasificación de las Cubiertas Naturadas.

En cuanto a la forma de clasificación en la revisión bibliográfica se ha detectado que no existe uniformidad. De manera general se catalogan en extensivas e intensivas, no obstante, diversos autores incluyen en la clasificación las de tipo semintensivas como intermedio entre ambos términos.

Una referencia que muestra la diversidad en cuanto a la clasificación es la “Guía de techos verdes” de Bogotá, donde se clasifican las cubiertas naturadas como techos verdes livianos, moderados y robustos, de acuerdo al tipo de vegetación y al peso del sustrato. También son catalogadas en cuanto al sistema de colocación y en cuanto a su propósito final, lo que trae como resultado una gran variedad de cubiertas. (Bogotá, 2011).

En el caso de los suministradores de sistemas de cubiertas naturadas como Zinco y Sika solamente las dividen en extensivas e intensivas, lo cual se considera razonable para una mejor clasificación. (Zinco, 2015) (Sika, 2015).

Tomando en consideración los elementos anteriores, se reflexiona por la autora que, la clasificación adecuada para el país es solamente el uso de las dos tipologías extremas: Extensivas e Intensivas. En la Tabla 1.1 se muestran las diferencias entre ambas para una mejor comprensión.

**Tabla 1.1. Clasificación de Cubiertas Naturadas.**

Características / Tipo	Extensiva	Intensiva
<b>Vegetación</b>	No transitable. Rastrera. Poca diversidad vegetal.	Transitable. Arbustos y Árboles pequeños. Mayor diversidad.
<b>Sustrato</b>	Espesor hasta 15 cm.	Espesor mayor que 15 cm
<b>Mantenimiento</b>	Mínimo	Alto
<b>Peso</b>	Liviano Hasta 200 kg/m <sup>2</sup>	Más pesado De 200 kg/m <sup>2</sup> a 1000 kg/m <sup>2</sup>

### Elementos componentes de una cubierta naturada.

Las cubiertas naturadas se encuentran compuestas por varias capas en las que a su vez se pueden encontrar distintos materiales en dependencia de su función. Estos materiales al igual que las capas pueden variar en dependencia del diseño y la ubicación de dicha cubierta. (Fig 7)



Fig.7. Elementos que componen una cubierta naturada. Fuente:( Zinco, 2015)

### Descripción de las capas que componen el sistema, comenzando por la superior:

1. **Capa Vegetación:** Ubicada en la parte superior del sistema; la vegetación a emplear debe cumplir con requisitos mínimos de supervivencia.
2. **Capa Sustrato:** Su función es de soporte de la vegetación, como materia nutriente y como almacenaje. Es ventajoso utilizar sustratos lo suficientemente inertes para evitar el crecimiento excesivo de la vegetación y la generación de plantas no previstas. (MORALES, 2015)
3. **Capa Filtrante:** Se sitúa entre la capa de sustrato y la capa drenante. Permite el paso del agua, evitando la pérdida de propiedades del sustrato.(MORALES, 2015)
4. **Capa drenante:** Su función es evitar que ocurran los estancamientos excesivos de agua en el sustrato y con esto un deterioro de la vegetación. Puede componerse de un material plástico industrial en forma de embudo o puede diseñarse con minerales porosos.
5. **Capa anti-raíz:** Se coloca sobre la impermeabilización como una membrana de protección, para evitar la perforación de las raíces a esta capa.
6. **Impermeabilización:** Sobre el elemento estructural de la cubierta, se coloca la impermeabilización. Su función es lograr la estanquidad de la cubierta, evitar el filtrado de agua y desviándola hacia los conductos de drenaje.(MORALES, 2015)

La selección de los materiales que conforman las distintas capas del sistema de cubiertas naturadas se realiza basada en distintos factores como son: el clima, economía, compatibilidad entre capas continuas, durabilidad, etc.

### Ventajas Medioambientales.

Las ventajas de las cubiertas naturadas encontradas en la literatura son muchas; no obstante, pocas son las validadas científicamente mediante la experimentación, siendo la reducción de temperatura y la retención hídrica las más investigadas.

#### 1. Reducción de la temperatura.

Son varios los autores que han demostrado su eficiencia como reductoras de temperatura en diversos tipos de climas. En una medida experimental de la contribución de las cubiertas y fachadas verdes al ahorro energético en la edificación en España, se demostró que la inclusión de una cubierta verde en un cubículo aislado mejora las condiciones ambientales interiores respecto a los de referencia. (Gabriel Pérez, 2010)

En mediciones realizadas en una cubierta verde en Kassel, Alemania, compuesta de un sustrato de 16 cm de espesor, se detectó que la temperatura exterior al mediodía era de 30°C; mientras que en la vegetación y bajo la capa de sustrato era de 23°C y 17.5°C respectivamente. Mediciones similares realizadas en invierno, mostraron que la temperatura exterior era de -14°C y de 0°C bajo la capa de sustrato. (Minke, 2004).

En México se demostró las ventajas obtenidas con la utilización de técnicas alternativas, mediante la asociación de dos sistemas de cubiertas: Domotej + Cubierta Verde, que mejora el comportamiento

térmico de la tradicional cubierta de hormigón utilizada en las viviendas construidas en Chiapas. (TREVISAN SANTOS RIBEIRO, 2011).

En la Isla solo se han realizado mediciones en la cubierta prototipo del ISPJAE, obteniéndose como resultado, en el año 2003, una diferencia de temperatura de 3 C° entre el interior y los valores en el exterior. (Calderín, 2003)

## 2. Retención Hídrica.

Las cubiertas naturadas ofrecen una alternativa al incremento de las precipitaciones en las ciudades ya que detienen el agua de lluvia, reduciendo así el volumen de la escorrentía y la velocidad con que la misma llega a los sistemas de alcantarillado. Su clasificación, ya sea extensiva e intensiva, tienen una gran influencia en esta propiedad, tomando en consideración el tipo y espesor del sustrato, la vegetación escogida, así como el volumen de las precipitaciones.

Un caso de experimentación sobre la eficiencia en la retención del agua de lluvia es el artículo publicado en la "Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo", donde se concluye que según las condiciones y los distintos tratamientos estudiados, las parcelas de 30 cm de sustrato son las que mejor comportamiento tuvieron respecto de la disminución del escurrimiento. (Héctor Rosatto, 2013).

Según la literatura consultada no existe experiencia publicada en específico sobre la contribución de las plantas, de manera independiente al sustrato, en las propiedades de retención hídrica de las cubiertas naturadas.

Hasta la fecha en Cuba no se disponen de investigaciones que evalúen el comportamiento de sistemas de cubiertas naturadas y sus implicaciones para sus condiciones climáticas. Es por esto que este aspecto amerita ser parte de la investigación con vistas a llenar este vacío científico.

## Áreas verdes y áreas grises.

Cuba no se encuentra ajena a los problemas de urbanismo y medio ambiente a los que se enfrenta el mundo entero. En la Tabla 1.2, se refieren indicadores de áreas verdes por área total y por habitante en la capital según los datos ofrecidos por la Dirección Provincial de Planificación Física y por la Oficina Nacional de Estadísticas. Es importante destacar como parámetro internacional el Índice Verde Urbano; establecido por la Organización Mundial de la Salud en las "Cuestiones relacionadas con la ordenación urbana", el cual se calculó tomando como referencia las cantidades de habitantes por municipio de la capital. (OMS, 1985)

**Tabla 1. 2 Indicadores de áreas verdes en la provincia La Habana.**

Municipios	Áreas verdes (km2)	Áreas totales (km2)	Indicador AV/AT	Habitantes	Índice Verde Urbano AV (m2) /Habitantes
Guanabacoa	87.14	130.2	0.67	112957	0.77
Diez de Octubre	2.703	12.21	0.22	207403	0.01
Arroyo Naranjo	62.18	84.31	0.74	208554	0.30
Boyeros	96.74	130	0.74	206732	0.47
Centro Habana	0.13	3.4	0.04	143336	0.00
Cerro	4	10.22	0.39	128361	0.03
Cotorro	56.74	65.72	0.86	75848	0.75
Habana del Este	93.57	144.7	0.65	173885	0.54
Habana Vieja	0.43	4.43	0.10	91066	0.00
Lisa	26.44	36.55	0.72	135791	0.19
Marianao	14.87	22.47	0.66	134957	0.11

<b>Playa</b>	5.69	37.25	0.15	180567	0.03
<b>Plaza</b>	1.99	12.58	0.16	148117	0.01
<b>Regla</b>	2.125	11.03	0.19	42892	0.05
<b>San Miguel del Padrón</b>	15.88	24.77	0.64	163988	0.10
<b>La Habana</b>	<b>470.628</b>	<b>729.84</b>	<b>0.64</b>	<b>2154454</b>	<b>0.22</b>

Los indicadores de áreas verdes contra áreas totales en la urbe, apoyan una valoración general del problema; sin embargo, se destaca de forma considerable el índice de verde urbano que por sus bajos valores. La OMS establece, para todas las ciudades, nueve metros cuadrados por cada habitante; por lo que se puede afirmar que ninguno de los municipios de la capital cumple con este requerimiento.

Las áreas verdes deben estar en función de la densidad de la población, debiendo corresponder los espacios verdes más amplios a las zonas donde se concentra la mayor población. Lo anterior no ha sucedido producto de la morfología urbana de la capital, donde históricamente no se previeron los espacios necesarios, por lo que será conveniente retomar acciones encaminadas a incrementar las áreas verdes en las edificaciones ya existentes con la implementación de cubiertas naturadas.

### Precipitaciones y temperatura.

Por su posición geográfica, Cuba se encuentra situada en una latitud muy próxima al Trópico de Cáncer, lo que condiciona que en el país hayan disminuido las precipitaciones en los últimos años, sufriendo un incremento de la sequía. No obstante, la presencia del fenómeno meteorológico El Niño, contribuyó en primer lugar a que el 2015 fuera el más cálido desde 1951, mientras el bimestre noviembre-diciembre ha sido más lluvioso de lo normal para esta época del año, principalmente en el occidente y centro.

En cuanto a las precipitaciones, existe otro problema fundamental en la ciudad: las inundaciones. Sufridas con mayor intensidad en los últimos tiempos contemplan entre sus causas las asiduas obstrucciones en los tragantes y la no asimilación de los volúmenes de escorrentías, como consecuencia de la obsolescencia e insuficiencias de la infraestructura de drenaje. (Molina, 2015)

La solución de drenaje de La Habana fue construida en 1910, para aquel entonces la ciudad tenía el 5% de la urbanización con que cuenta hoy. Como resultado ocurren actualmente inundaciones en la mayor parte de los municipios de la capital que cuentan con un sistema de desagüe que no responde a la demanda. Ejemplo de ello es lo ocurrido el 29 de abril del 2015, cuando una tormenta local severa afectó a varias localidades; en apenas tres horas cayó un promedio de 154 milímetros. (Molina, 2015)

En la capital las lluvias tienen una media anual de 1 200 mm (48 pulgadas) con alrededor del 30% de las precipitaciones en el período invernal y el restante 70% en el verano, y en general tienden a ser más abundantes en el Occidente del país que en el Oriente.

En cuanto a la temperatura, el clima del país es subtropical húmedo, la media anual es de 24°C, la media en invierno es de 20°C y la de verano es de 26-27°C. Se puede asegurar que el país como rasgo típico de las islas del Caribe, presenta elevadas temperaturas durante casi todo el año (Clima., 2012).

El caso de la presente investigación, los canteros experimentales se encuentran ubicados en el ISPJAE; por lo que la estación meteorológica que se toma de referencia para ambos factores meteorológicos, es la ubicada en Santiago de Las Vegas. A continuación se muestran sus datos, ofrecidos por la Oficina Nacional de Estadística. (Tabla 1. 3).

**Tabla 1.3 Valores de los principales indicadores meteorológicos.**

	ESTACIONES	Precipitaciones		Temperatura °C		Humedad
		(mm)	Días (U)	Máxima media	Mínima media	relativa (%)
<b>Cuba</b>	Media Nacional	1,342.4	129	30.2	21.1	78
<b>La Habana</b>	<b>Santiago de las Vegas</b>	<b>1,833.1</b>	<b>131</b>	<b>30.2</b>	<b>20.7</b>	<b>77</b>

Ing. Marifeli Batlle Avilés, Dr. Ing. María Luisa Rivada Vázquez. *Visión de las cubiertas naturadas desde un marco referencial.*

El establecimiento de sistemas con cubierta naturada en la superficie de los techos funge como alternativa ambientalmente viable, encaminada a reducir las altas temperaturas y los incrementos de las precipitaciones, para contrarrestar ambas problemáticas en el país y en la capital.

### **Conclusiones:**

A lo largo de esta investigación, se puede concluir que las cubiertas naturadas han ido evolucionando favorablemente a lo largo de la historia, dada la necesidad de requerir materiales impermeables y resistentes a las raíces; consecutivamente se han buscado soluciones más ligeras y que garanticen un menor mantenimiento.

Impera la necesidad en el país de retomar la actualización de las normas cubanas, con la inclusión de requerimientos de diseño de vital importancia para las capas componentes de este sistema, así como incrementar disposiciones legales para desarrollar su instalación en edificaciones nuevas y existentes.

En cuanto a las propiedades de estas cubiertas, la reducción de temperatura y la retención hídrica, son las más estudiadas científicamente; no obstante, aún quedan factores por investigar en cuanto a la contribución de la vegetación de manera independiente así como su comportamiento en climas tropicales del Caribe.

Los bajos valores de los índices de verde urbano en todos los municipios de la capital apoyan la necesidad inmediata de búsqueda de soluciones en las edificaciones existentes para contribuir a elevar las áreas verdes por habitante.

Se puede asegurar además que la situación meteorológica del país y en específico de la capital, amerita la ejecución de cubiertas naturadas, con el objetivo de contribuir a minimizar el impacto que provoca el cambio climático hoy ya presente; por lo que su implementación representa un paso certero en la evolución de las cubiertas naturadas en Cuba.

### **Bibliografía:**

- Acuerdo no. 386 Promueve y estimula las tecnologías de creación de techos verdes" (2009a).
- Bogotá, G. d. I. C. d. (2011). *Guía de techos verdes en Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Calderín, T. S. (2003). Tesis de maestría "La cubierta ecológica en Cuba".
- Clima., C. d. (2012). *El Clima de Cuba*. Instituto de Meteorología.
- Conalec-Sec. (2013). *Fachadas y azoteas verdes*. México - Alemania.
- Díaz, F. G. (2012). *Focsa. La labor de un arquitecto español en Cuba*.
- Edificaciones - sistemas para la impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos y bituminosos modificados — especificaciones (2006).
- Gabriel Pérez, A. V., Albert Castell, Luisa Cabeza. (2010). *Ensayos con arquitectura vegetada, ahorro energético*. Universidad de Lleida, España.
- Héctor Rosatto, G. V., Carlos Rocca, Maia Meyer, Martha Bargiela, Hashimoto Patricia, Daniel Laureda, Laura Pruzzo, Diana Kohan, Laura Cazorla, Luis Rodríguez, Elina Quaintenne 1 (2013). *Eficiencia en la retención del agua de lluvia de cubiertas vegetadas de tipo "extensivo" e "intensivo"*. 10 pag.
- Heredia, C. (2012). *Infraestructura Verde. Un espacio para la innovación de la cubierta vegetal*. Unpublished Fin de Master, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Ley 4428 - Implementación de los denominados Techos o Terrazas Verdes. , (2009b).
- Minke, G. (2004). *Techos verdes Planificación, ejecución, consejos prácticos*. Kassel.
- Molina, V. B. (2015). *Inundaciones en la Habana. Trabajadores*,1.
- Montero, V. C. A. R. (2011). *La cubierta ajardinada* Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Morales, o. A. (2015). *Diseño teórico del prototipo experimental de cubiertas naturadas extensivas en áreas del cecat*. Cujae, Habana, Cuba.
- Norma mexicana nmx-aa-164-scfi-2013 edificación sustentable - criterios y requerimientos ambientales mínimos (2013).
- NTJ 11E normas tecnológicas de jardinería y paisajismo (1999).

*Ing. Marifeli Batlle Avilés, Dr. Ing. María Luisa Rivada Vázquez. Visión de las cubiertas naturadas desde un marco referencial.*

- OMS Cuestiones relacionadas con la ordenación urbana, (1985).
- Rosa, C. R. D. L. (2015). *“Cubiertas vegetales en la región del caribe” Caso de estudio: viviendas sociales de la República Dominicana* Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- S/A. (2006). ASTM Green Roof Task Group
- Sika. (2015). *Tecnología de Sika y Conceptos para Cubiertas.*
- Trevisan santos ribeiro, p. (2011). *Utilización de técnicas alternativas en las viviendas sociales de chiapas: sistema domotej + cubierta verde.* México.
- Vázquez., M. J. E. T. D. I. M. L. R. (2012). *“Diseño teórico del prototipo experimental de cubierta naturada del tipo extensivo para las condiciones climáticas de Cuba”.* . CUJAE Habana, Cuba.
- Zinco. (2015). *Sistemas ZinCo para cubiertas verdes. GUÍA DE PLANIFICACIÓN.*