

## Cubiertas vegetales en los edificios

Joaquín Ruiz Piñera. Arquitecto. Designer/Consultor Passivhaus



Museo Histórico de Vendéé. Fuente: PLAN 01 architects



## ¿Qué son las cubiertas vegetales?

Restitución espacio a la naturaleza

Arquitectura bioclimática

Adaptación/mitigación escala urbana

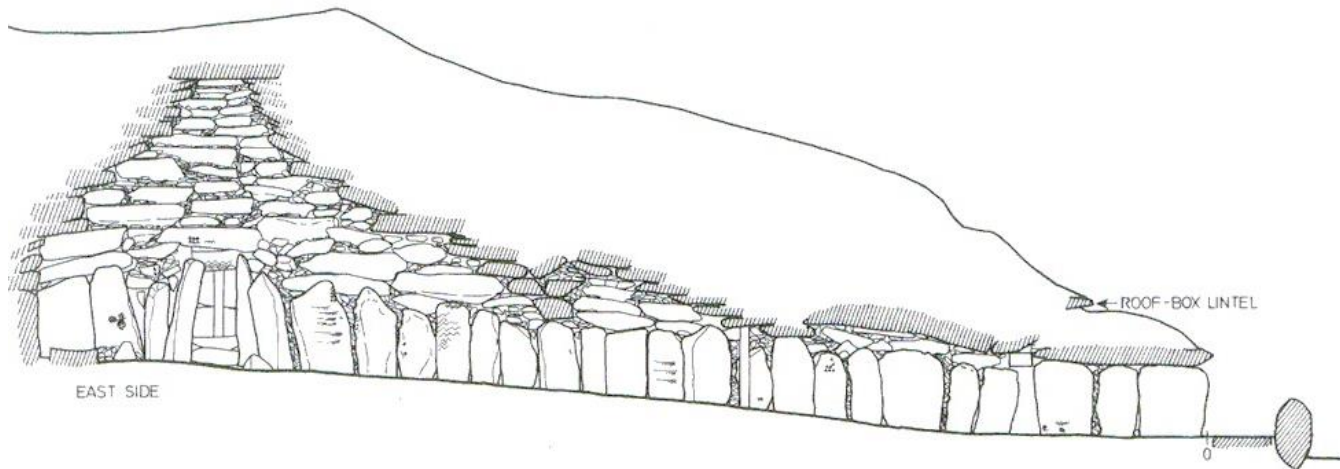


The California Academy of Sciences. Arq: Renzo Piano. Fuente: Tom Fox, SWA Group



**¿Son nuevas las cubiertas vegetales?**

Razones religiosas/espirituales



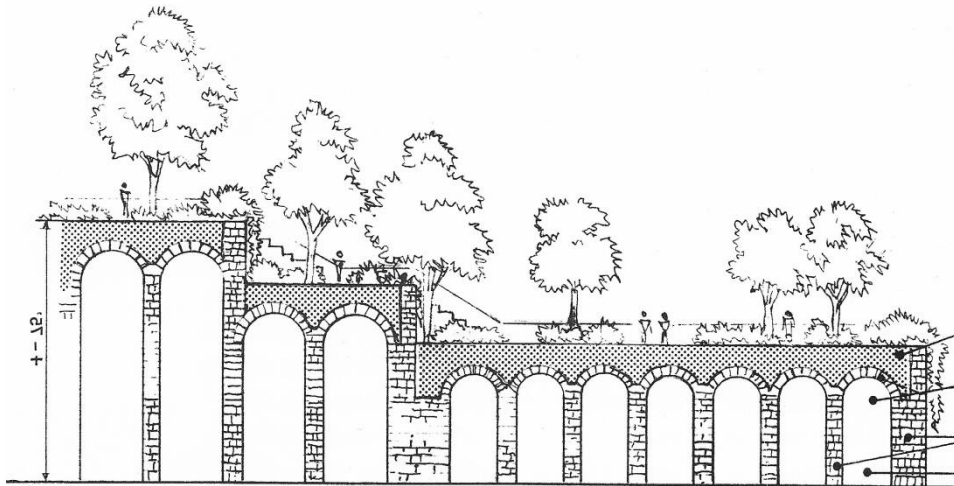
Monumento funerario Newgrange, Irlanda (ca 2300 aC). Fuente: ireland.net



**¿Son nuevas las cubiertas vegetales?**

Generación espacios de recreación

Modificación del microclima



Recreación de los Jardines Colgantes de Babilonia (ca 600 aC). Fuente: NeoMam Studios



Recreación de vivienda de turba Eiríksstaðir en Haukadalur, Islandia.



Cubierta vegetal en una vivienda en Tanzania. Fuente: Minke, G.

**¿Son nuevas las cubiertas vegetales?**

Protección del clima

Aislamiento térmico/sombreamiento



Vivienda de turba con cubierta vegetal en las llanuras de Estados Unidos c.1896.



Cubierta vegetal en una vivienda de turba en Estados Unidos. Fuente: Pearl, J.

**¿Son nuevas las cubiertas vegetales?**

Racionalización materias primas



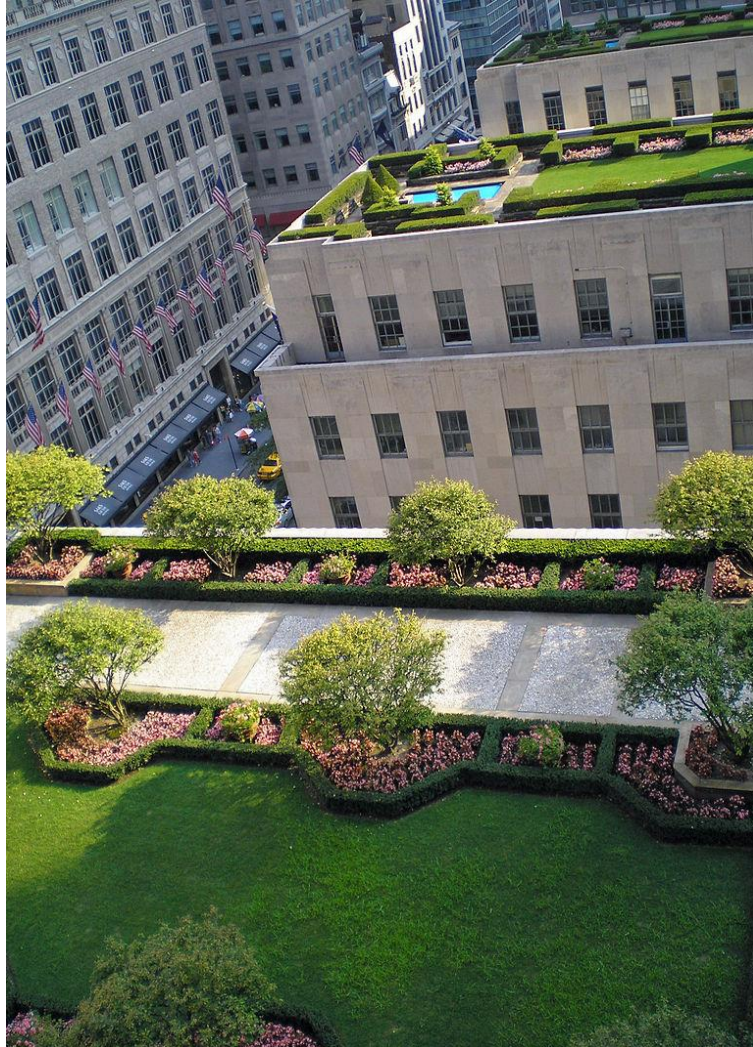
Huerto en cubierta de la abadía de Mont-Saint-Michel. Fuente: Osmundson, T. 1999



Huerto urbano URBAN FARM en cubierta. Fuente: Projar.

**¿Son nuevas las cubiertas vegetales?**

Aprovechamiento espacio de cultivo



Azotea verde transitable del Rockefeller Center (1934). Fuente: Osmundson, T.

**¿Son nuevas las cubiertas vegetales?**

Re-introducción naturaleza ciudad

Racionalización espacio urbano

Beneficio económico





Recreación del efecto de Naturación urbana en Beirut Fuente: InHabitat.



Cubierta vegetal del edificio ACROS, Fukuoka, Japón. Fuente: greenroofs.com.

## Beneficios de las cubiertas vegetales

Adaptación-mitigación cambio climático

Mejoras ecológicas

Filtración de la polución ambiental

Atenuación del ruido

Reducción temperatura de las ciudades

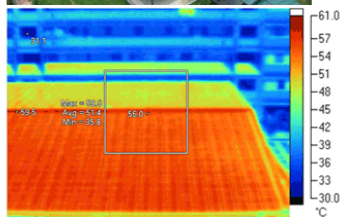
Eficiencia energética edificios

Atenuación de descarga de aguas pluviales a las redes

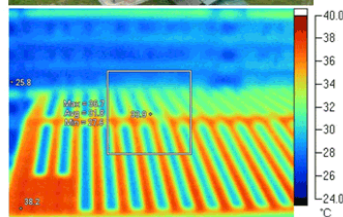
Cualidades estéticas

Aumento del valor de los edificios

Educación medioambiental



| Name        | Temperature | Emissivity |
|-------------|-------------|------------|
| Centerpoint | 56.0° C     | 0.95       |
| Hot         | 59.5° C     | 0.95       |
| Cold        | 31.1° C     | 0.95       |



| Name        | Temperature | Emissivity |
|-------------|-------------|------------|
| Centerpoint | 30.3° C     | 0.95       |
| Hot         | 41.4° C     | 0.95       |
| Cold        | 26.7° C     | 0.95       |

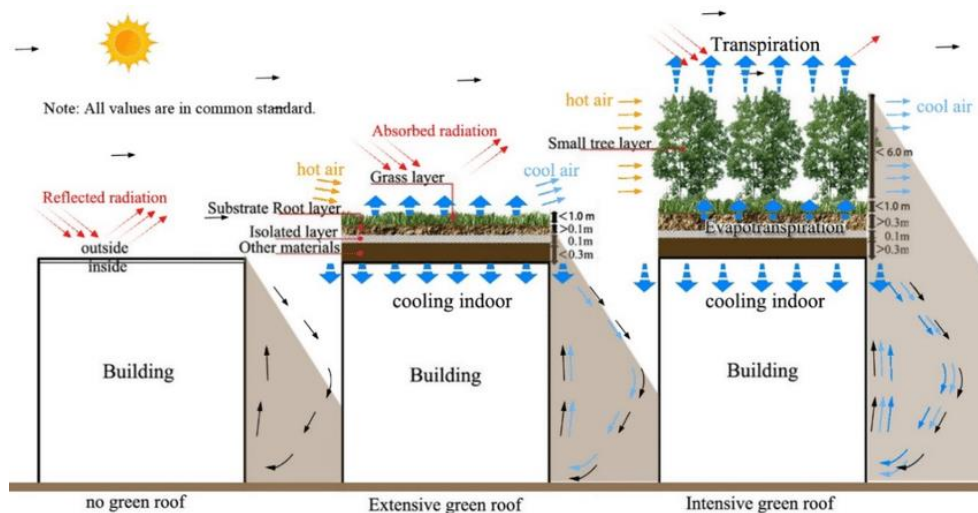
Termografía de cubiertas con y sin vegetación. Fuente: greenroofs.com.

## Eficiencia energética edificios

Reducción demanda 10-40%

Mejora de temperatura superficial

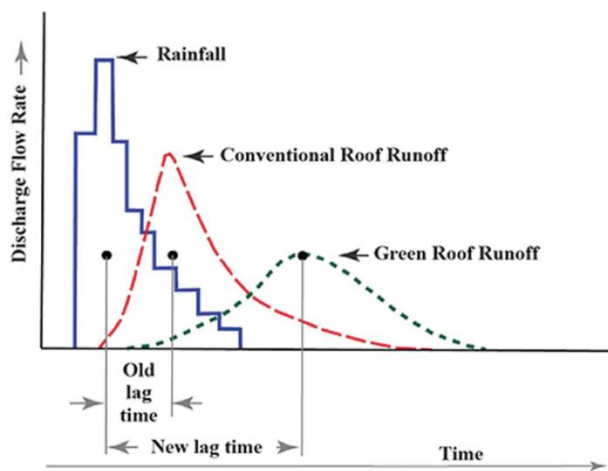
Mitigación efecto isla de calor



Efectos térmicos de las cubiertas vegetales. Fuente: Zhang, G.



Comportamiento hidrológico cubiertas. Fuente: Guía Cubiertas verdes de Barcelona.



Retraso en evacuación de agua a las redes en cubiertas verdes. Fuente: Stormwater.

## Solución frente a inundaciones

Retención agua sustrato + capas tec.

Retraso evacuación exceso de agua

Evapotranspiración plantas

Retención +50 l/m<sup>2</sup> puntualmente

+80% toda la precipitación acumulada



Cubierta verde extensiva. Restaurante La Ereta. Alicante. Fotografía: autor.



Azotea vegetal intensiva. Campus Nacional de Arqueología de Israel. . Fuente: Zinco.

## Tipologías de cubiertas vegetales

Cubierta extensiva

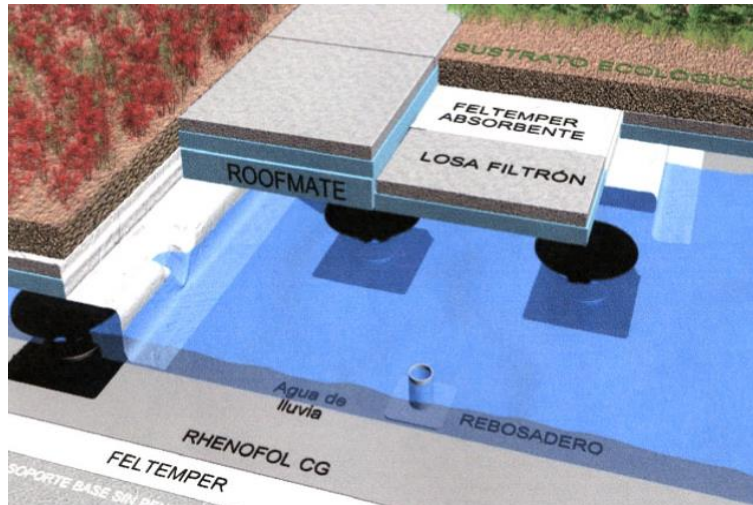
Cubierta intensiva



Cubierta vegetal floral en Atenas Fuente: Andrew Clemens.

## Tipologías de cubiertas vegetales

### Cubierta semi-extensiva



Cubierta vegetal aljibe. Fuente: Intemper.

### Cubierta aljibe



Huerto urbano URBAN FARM. Fuente: Projar.

## Tipologías de cubiertas vegetales

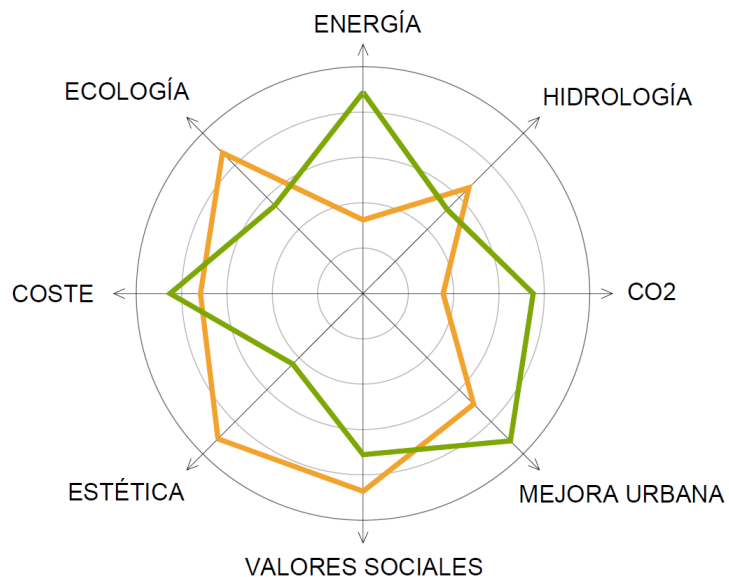
Huerto urbano



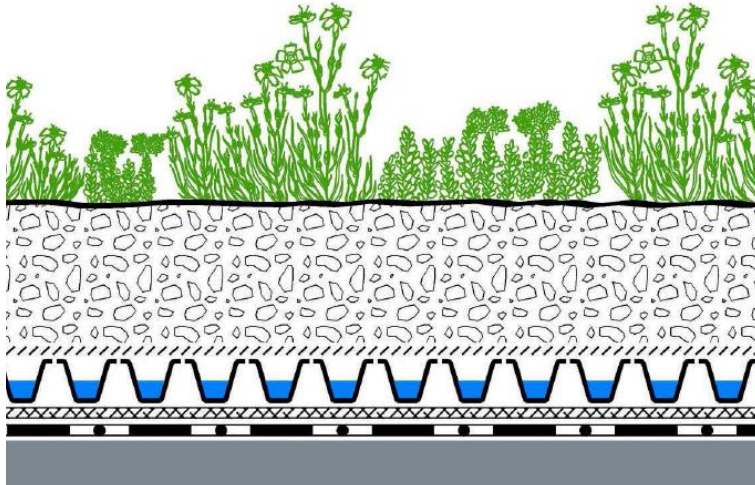
Active green roof. Fuente: climate colab.

Cubierta activa

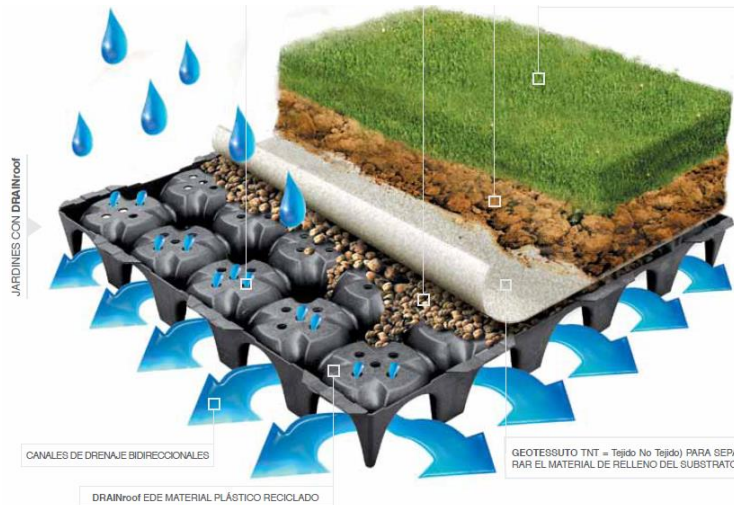
## Clasificaciones múltiples según factores



| Índice de Eficiencia Hidro-Energética (%) | Clase de cubierta ecológica  |
|---|------------------------------|
| 90-100                                    | Cubierta ecológica "Premium" |
| 70-90                                     | Cubierta ecológica "Plus"    |
| 50-70                                     | Cubierta ecológica "Classic" |
| < 50                                      | Solución no recomendada      |



Esquema de funcionamiento de una CV extensiva. Fuente: Geoplast



Esquema de funcionamiento de una CV extensiva. Fuente: Geoplast.

## ¿Cómo se construyen las cubiertas verdes?

Re-creación ecosistema (SBN)

Sistemas multicapa especializados

Diferentes funciones y diseños





Cubierta realizada in situ. Fuente: Core roof.



Cubierta de tepes de sedum. Fuente: Umich.

## ¿Cómo se construyen las cubiertas verdes?

Re-creación ecosistema (SBN)

Sistemas multicapa especializados

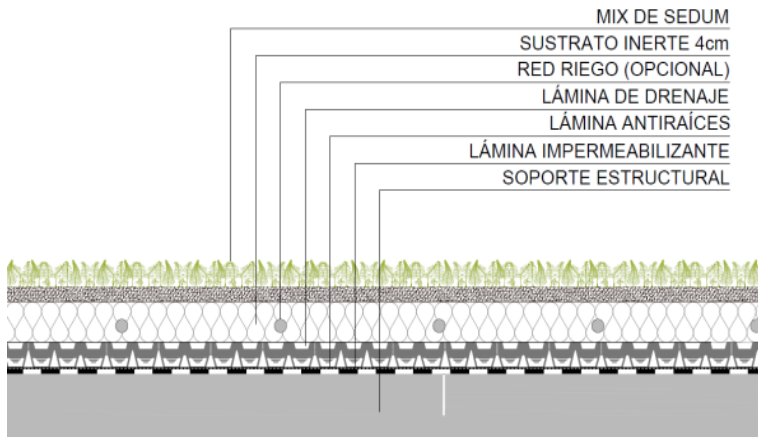
Diferentes funciones y diseños

## ¿Cómo se construyen las cubiertas verdes?

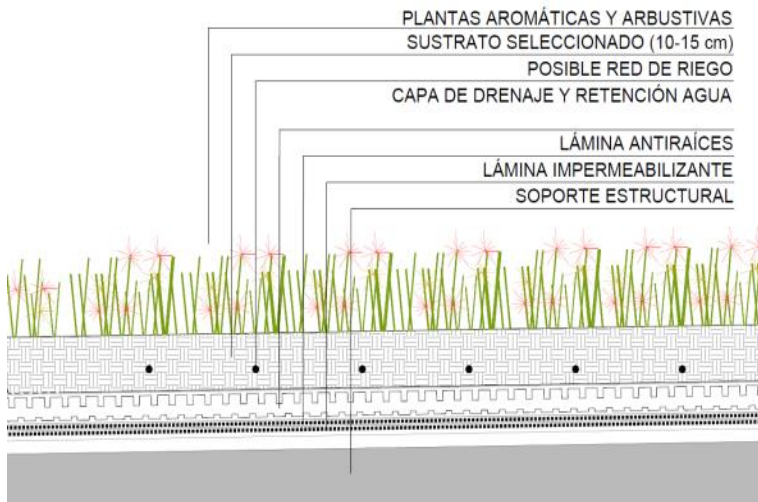
Re-creación ecosistema (SBN)

Sistemas multicapa especializados

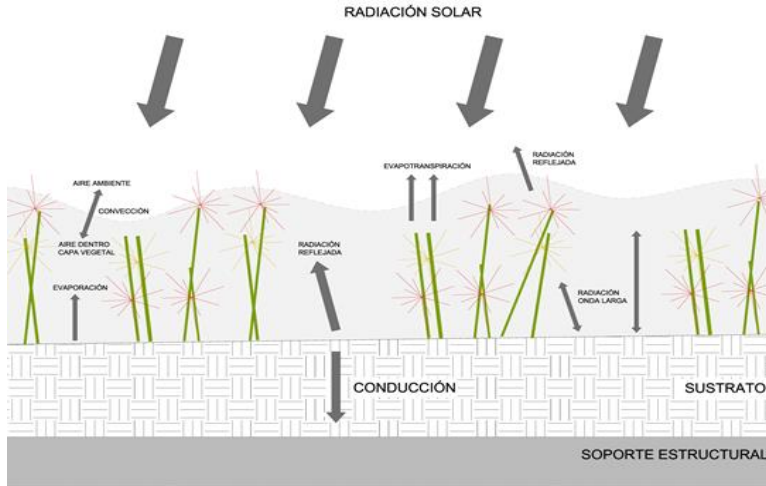
Diferentes funciones y diseños



Cubierta extensiva ligera. Fuente: ZinkArquitectura.



Cubierta semi-intensiva aromática. Fuente: ZinkArquitectura.



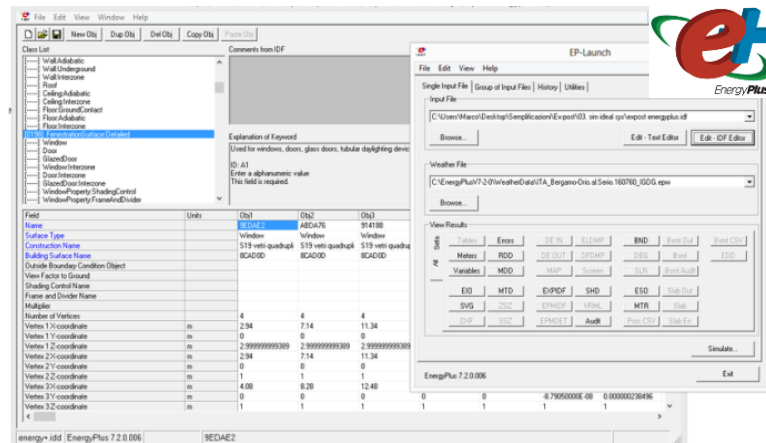
Esquema del balance térmico de una cubierta verde. Fuente: elaboración propia a partir de Leonard, T. y Leonard, J. (2006), Sailor, D.J. (2008), Refahi y Talkhabi (2015).

## ¿Cómo se calculan las cubiertas verdes?

Cálculos dinámicos complejos

Interrelación numerosos factores

Dependencia estado vegetación



Interfaz del motor de cálculo Energy Plus. Fuente: simulación propia.



Cubierta inclinada a 45º Superhelix, Cracovia, Polonia. Fuente: Bartłomiej Drabik



Cubierta transitable en oficinas de Green Wise en Tokio. Fuente: Green Wise.

## Criterios de selección del sistema

Inclinación del soporte

Espesor del sustrato

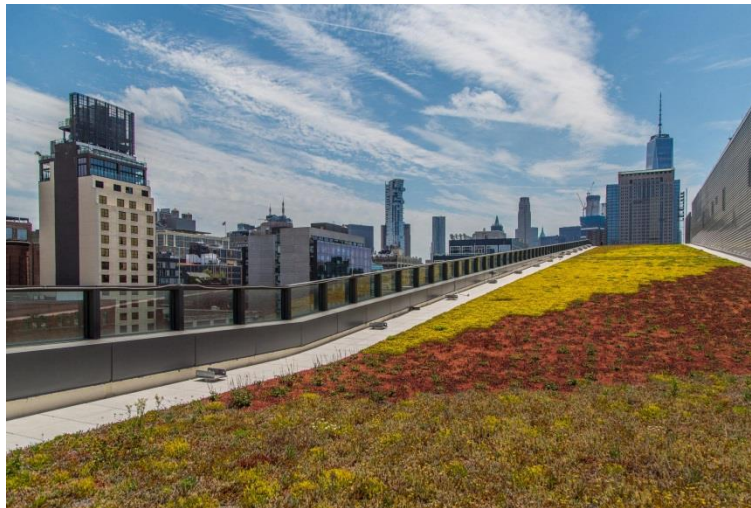
Composición del sustrato

Distribución capas técnicas

Funciones específicas requeridas



Vegetación autóctona de la Región de Murcia. Fuente: autor.



Cubierta de sedum en aparcamiento municipal en Manhattan. Fuente: nyc.gov.

## **Criterios de selección de la vegetación**

Especies nativas / exóticas

Monocultivar / mezcla de especies

Color y forma

Valor estético

Factores climáticos y microclima

Riego y mantenimiento

Uso de fertilizantes

Método de instalación

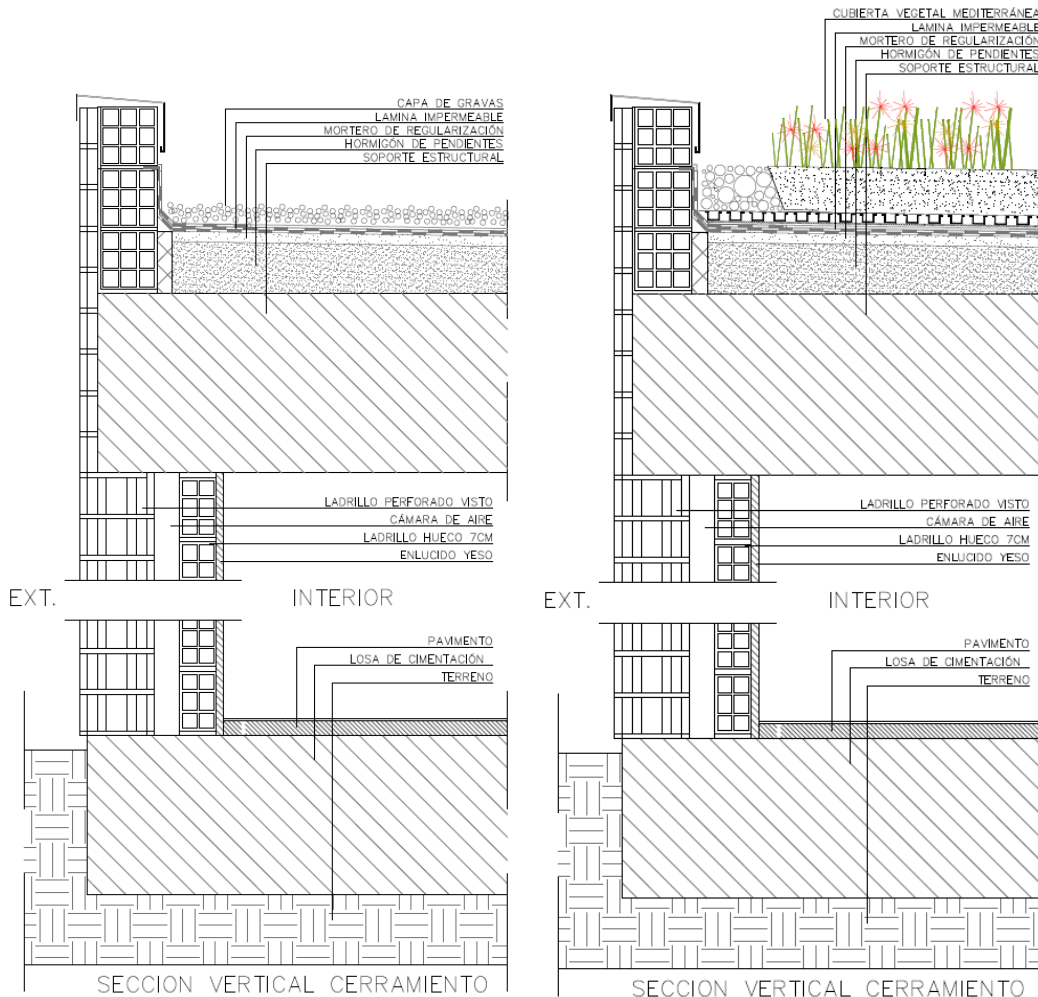
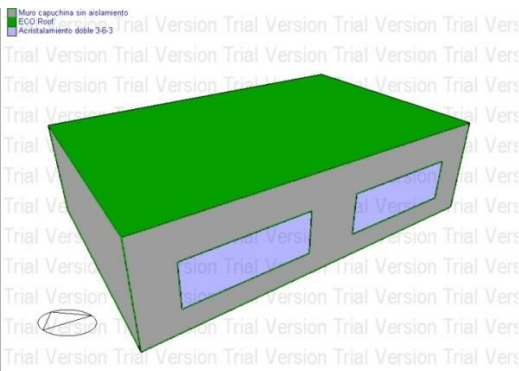
## Ejemplo de aplicación



Edificio tipo A



Edificio tipo B



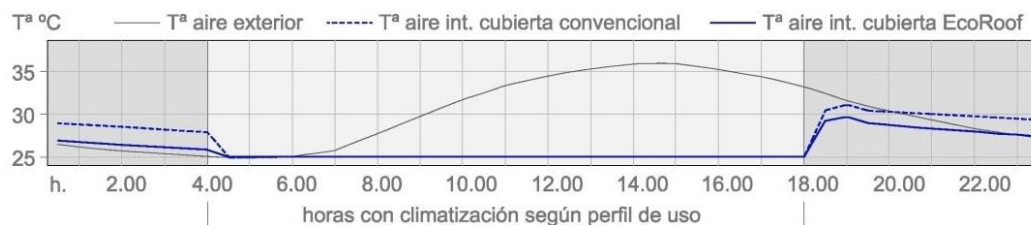
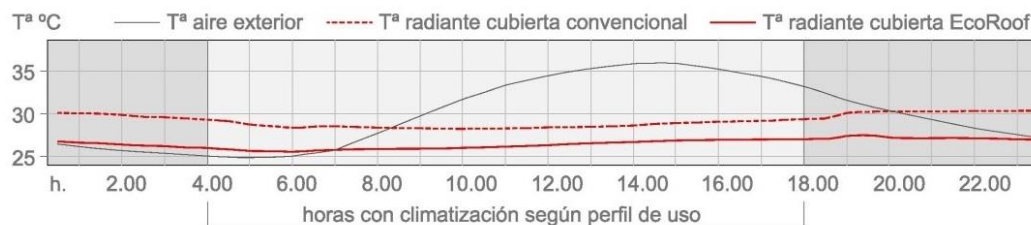
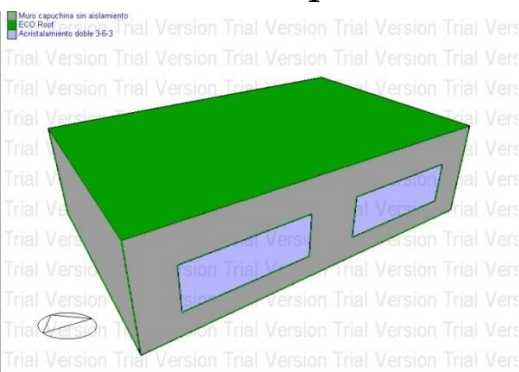
## Ejemplo de aplicación



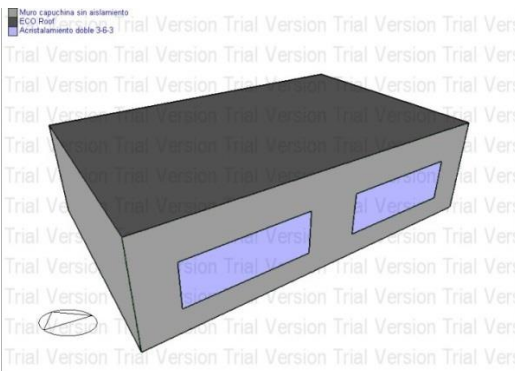
Edificio tipo A



Edificio tipo B



## Ejemplo de aplicación



Edificio tipo A



Edificio tipo B



| horario  | 02:00         | 04:00         | 06:00   | 08:00         | 10:00         | 12:00         | 14:00         | 16:00         | 18:00         | 20:00         | 22:00         | DIARIO        |
|--|---------------|---------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Temperatura Radiante en el Interior del edificio con los dos escenarios de cubierta          |               |               |   |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Convencional (°C)  | 29,43         | 28,95         | 28,10   | 27,81         | 27,66         | 27,70         | 27,94         | 28,26         | 28,58         | 29,43         | 29,77         | 28,51         |
| EcoRoof (°C)   | 25,98         | 25,60         | 25,19   | 25,21         | 25,34         | 25,58         | 25,87         | 26,07         | 26,15         | 26,50         | 26,51         | 25,82         |
| Reducción (%)  | <b>-11,7%</b> | <b>-11,6%</b> | <b>-10,4%</b>   | <b>-9,3%</b>  | <b>-8,4%</b>  | <b>-7,7%</b>  | <b>-7,4%</b>  | <b>-7,7%</b>  | <b>-8,5%</b>  | <b>-10,0%</b> | <b>-11,0%</b> | <b>-9,4%</b>  |
| Temperatura del Aire en el Interior del edificio con los dos escenarios de cubierta          |               |               |   |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Convencional (°C)  | 28,20         | 27,63         | 25,00   | 25,00         | 25,00         | 25,00         | 25,00         | 25,00         | 25,00         | 29,86         | 29,34         | 26,37         |
| EcoRoof (°C)   | 26,12         | 25,58         | 25,00   | 25,00         | 25,00         | 25,00         | 25,00         | 25,00         | 25,00         | 28,25         | 27,51         | 25,68         |
| Reducción (%)  | <b>-7,4%</b>  | <b>-7,4%</b>  | <b>horario de climatización activa T<sup>a</sup>=25°C</b> |               |               |               |               |               |               | <b>-5,4%</b>  | <b>-6,2%</b>  | <b>-2,6%</b>  |
| Temperatura Operativa en el Interior del edificio con los dos escenarios de cubierta         |               |               |   |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Convencional (°C)  | 28,81         | 28,29         | 26,55   | 26,40         | 26,33         | 26,35         | 26,47         | 26,63         | 26,79         | 29,64         | 29,56         | 27,44         |
| EcoRoof (°C)   | 26,05         | 25,59         | 25,10   | 25,10         | 25,17         | 25,29         | 25,44         | 25,54         | 25,58         | 27,38         | 27,01         | 25,75         |
| Reducción (%)  | <b>-9,6%</b>  | <b>-9,5%</b>  | <b>-5,5%</b>  | <b>-4,9%</b>  | <b>-4,4%</b>  | <b>-4,0%</b>  | <b>-3,9%</b>  | <b>-4,1%</b>  | <b>-4,5%</b>  | <b>-7,6%</b>  | <b>-8,6%</b>  | <b>-6,2%</b>  |
| Demanda de enfriamiento total en el Interior del edificio con los dos escenarios de cubierta |               |               |   |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Convencional (W/m2)  | 0,00          | 0,00          | 24,78   | 48,51         | 66,47         | 74,91         | 83,72         | 84,02         | 73,51         | 0,00          | 0,00          | 41,45         |
| EcoRoof (W/m2)   | 0,00          | 0,00          | 3,14  | 30,66         | 51,05         | 60,98         | 70,01         | 69,28         | 56,95         | 0,00          | 0,00          | 31,10         |
| Reducción (%)  | -             | -             | <b>-87,3%</b>   | <b>-36,8%</b> | <b>-23,2%</b> | <b>-18,6%</b> | <b>-16,4%</b> | <b>-17,5%</b> | <b>-22,5%</b> | -             | -             | <b>-25,0%</b> |



## Ejemplo de aplicación



**Edificio tipo A**



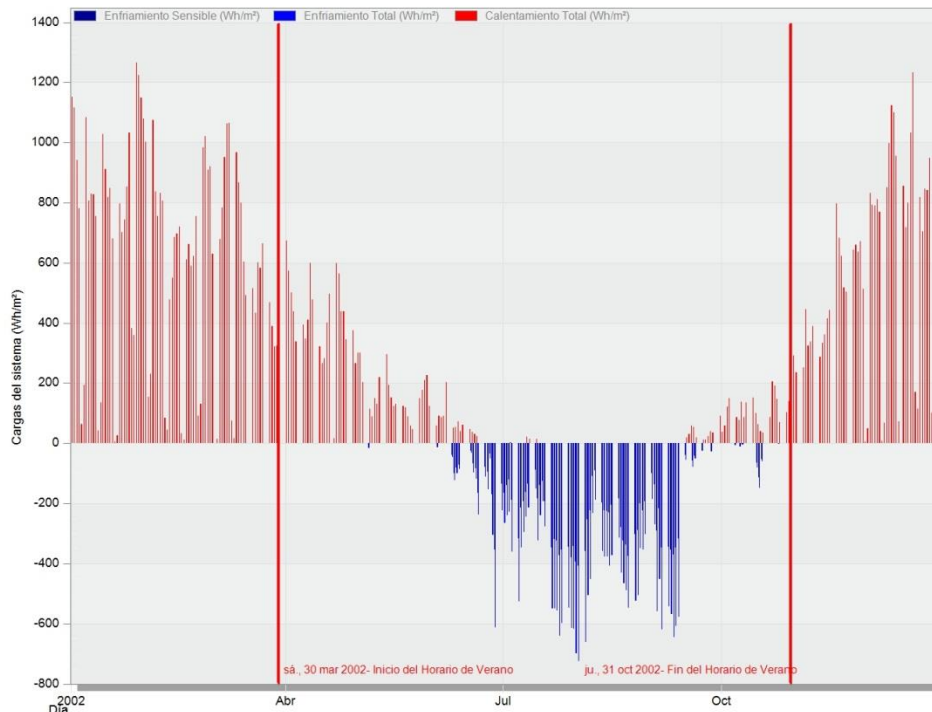
**Edificio tipo B**



EnergyPlus

- Comparativa Edificios sin Aislamiento, Standard roof  
1 Ene - 31 Dic, Diario

Evaluación



| Día                           | 01     | 02      | 03     | 04   | 05    | 06      | 07      | 08   | 09     | 10     |
|-------------------------------|--------|---------|--------|------|-------|---------|---------|------|--------|--------|
| Enfriamiento Sensible (Wh/m²) | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00 | 0,00  | -139,63 | -182,86 | 0,00 | 0,00   | 0,00   |
| Enfriamiento Total (Wh/m²)    | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00 | 0,00  | -239,31 | -314,08 | 0,00 | 0,00   | 0,00   |
| Calentamiento Total (Wh/m²)   | 153,78 | 1064,22 | 346,71 | 0,00 | 61,23 | 0,00    | 0,00    | 0,00 | 146,19 | 660,16 |

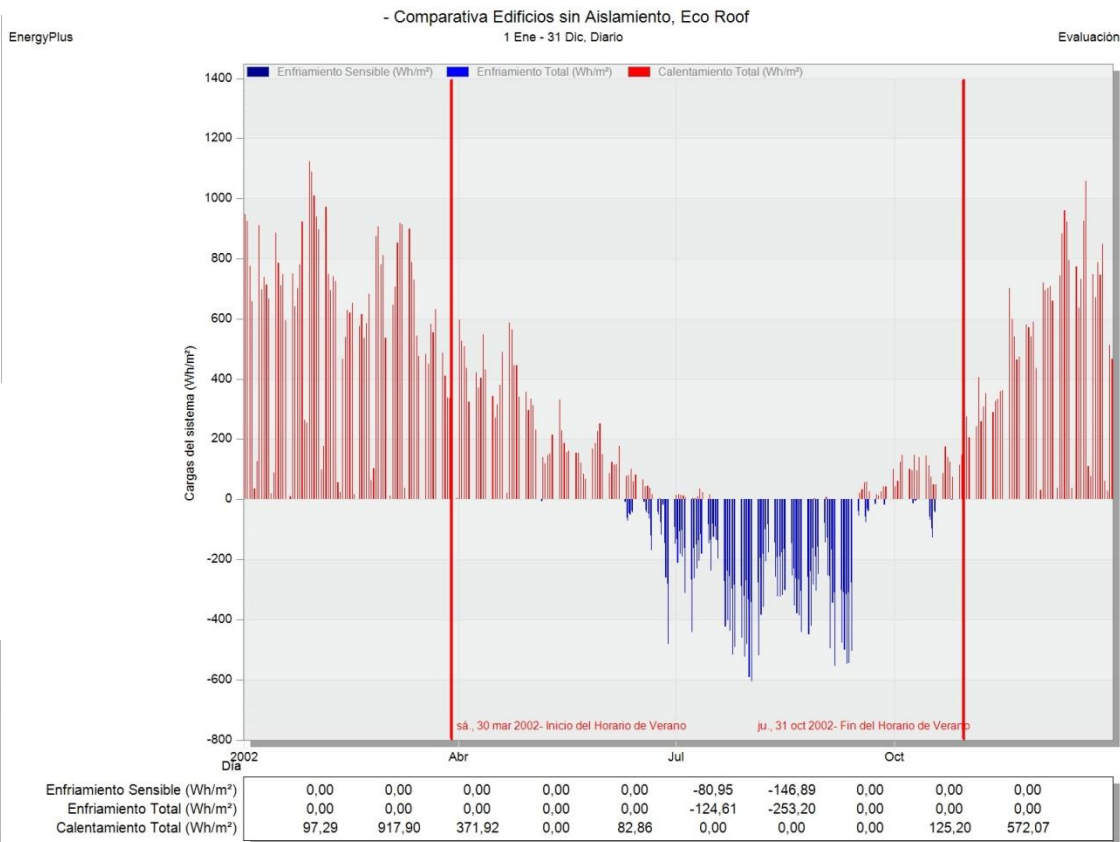
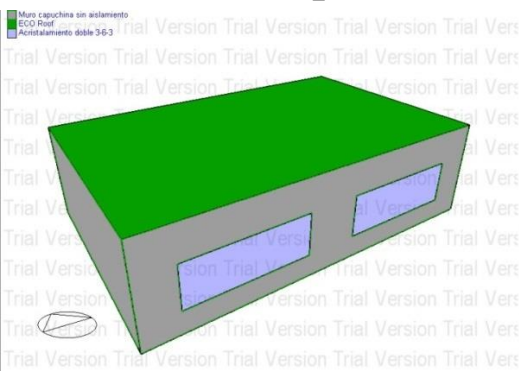
## Ejemplo de aplicación



Edificio tipo A

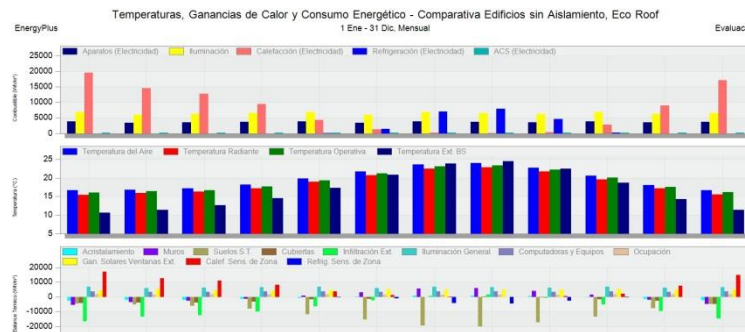
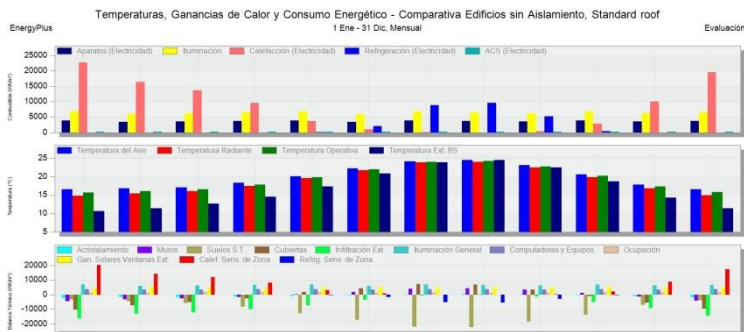


Edificio tipo B

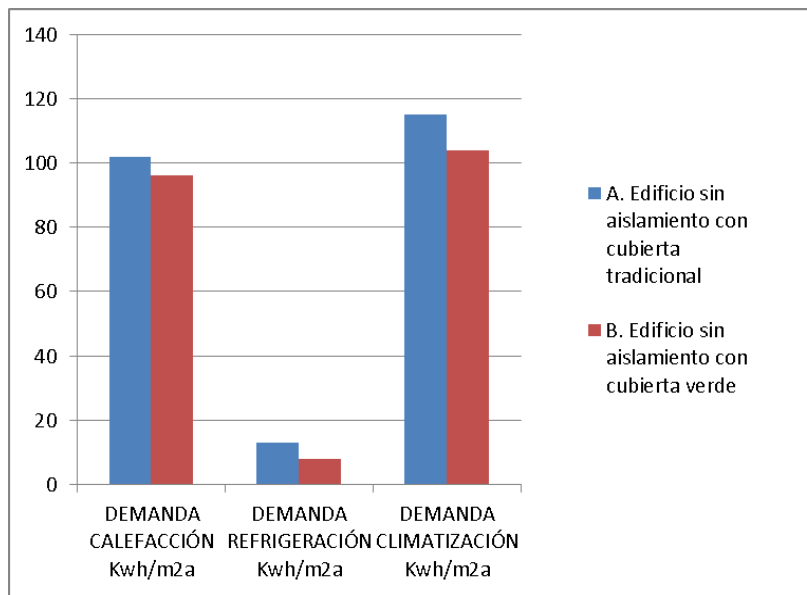


|                               |       |        |        |      |       |         |         |      |        |        |
|-------------------------------|-------|--------|--------|------|-------|---------|---------|------|--------|--------|
| Enfriamiento Sensible (Wh/m²) | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00 | 0,00  | -80,95  | -146,89 | 0,00 | 0,00   | 0,00   |
| Enfriamiento Total (Wh/m²)    | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00 | 0,00  | -124,61 | -253,20 | 0,00 | 0,00   | 0,00   |
| Calentamiento Total (Wh/m²)   | 97,29 | 917,90 | 371,92 | 0,00 | 82,86 | 0,00    | 0,00    | 0,00 | 125,20 | 572,07 |

# Ejemplo de aplicación



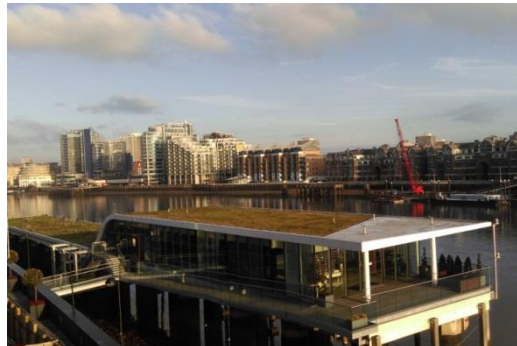
|                               | A      | B              |
|-------------------------------|--------|----------------|
| DEMANDA TOTAL Kwh/m2a         | 250,45 | 237,95         |
| reducción %                   |        | <b>-4,99%</b>  |
| DEMANDA CALEFACCIÓN Kwh/m2a   | 101,99 | 96,06          |
| reducción %                   |        | <b>-5,81%</b>  |
| DEMANDA REFRIGERACIÓN Kwh/m2a | 12,91  | 7,96           |
| reducción %                   |        | <b>-38,34%</b> |
| DEMANDA CLIMATIZACIÓN Kwh/m2a | 114,9  | 104,02         |
| reducción %                   |        | <b>-9,47%</b>  |
| PÉRDIDAS CUBIERTA W/m2        | -39,23 | -13,23         |
| reducción %                   |        | <b>-66,28%</b> |



## Ejemplo de aplicación



Sp. Sarah  
Artistic Impression.



Cubierta vegetal ecológica en edificio sobre el río Támesis . Londres. Fuente: autor.

## Ejemplo de aplicación



Cubierta vegetal ecológica en edificio sobre el río Támesis . Londres. Fuente: autor.

## Futuras aplicaciones?



## Futuras aplicaciones?



**Gracias por su atención**

**Cubiertas vegetales en los edificios**

Joaquín Ruiz Piñera. Arquitecto. Designer/Consultor Passivhaus

[j.ruiz@zinkarquitectura.com](mailto:j.ruiz@zinkarquitectura.com)