my building is green
A LIFE PROJECT

LIFE my building is green

LIFE17 ENV/ES/000088

Application of Nature-Based Solutions for local adaptation of educational and social buildings to Climate Change

Action: Integración y transferibilidad a nivel local, nacional y Europeo

Deliverable: 4 informes de recomendaciones para reuniones de expertos en Bruselas

Date: 31/10/2023

LIFE my building is green – LIFE17 CCA/ES/000088

Deliverable: 4 informes de recomendaciones para reuniones de expertos en Bruselas

Date: **31/05/2023**

Project location:	Spain
Project start date:	01/09/2018
Project end date:	31/12/2023
Total budget:	2.854.102 €
EU contribution:	1.697.369 €
(%) of eligible costs:	59,99 %

Data Beneficiary

Name Beneficiary:	AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
Contact person:	Miguel Vega
Postal address:	C/ Serrano, 117
Telephone:	34914203017
E-mail:	miguel.vega@rjb.csic.es
Project Website:	https://life-mybuildingisgreen.eu/

Data Deliverable Responsible

Name Beneficiary:	CARTIF
Contact person:	Jose Fermoso / Raquel Marijuán / Nuria Fernández
E-mail:	josdom@cartif.es / raqmar@cartif.es / nurfer@cartif.es

Índice

ÍNDICE 3

1. SUMMARY IN ENGLISH 5

1. RESUMEN ESPAÑOL 6

2. RESUMO EM PORTUGUÊS 7

3. INTRODUCCIÓN 8

4. INFORME 1 - OPENBARE BASISSCHOOL HET VOGELNEST (PUBLIC ELEMENTARY SCHOOL HET VOGELNEST) 10

4.1 INFORMACIÓN GENERAL 10
4.2 JUSTIFICACIÓN 11
CUBIERTAS VERDES 11
FACHADAS VERDES 12
PAVIMENTO PERMEABLE 12
CHARCA 12
4.3 CONCLUSIÓN 13

5. INFORME 2 - CEIP CERVANTES (ALBACETE, ESPAÑA) 14

5.1 INFORMACIÓN GENERAL 14
5.2 JUSTIFICACIÓN 15
CUBIERTAS VERDES 15
FACHADAS VERDES 16
5.3 CONCLUSIÓN 16

6. INFORME 3- ESCOLA BÁSICA DE 1º CEB DE RIO DE MOINHOS (ABRANTES, PORTUGAL) 17

6.1 INFORMACIÓN GENERAL 17
6.2 JUSTIFICACIÓN 18
FACHADAS VERDES 18
PAVIMENTO PERMEABLE 19

5.3 CONCLUSIÓN..... 19

7. INFORME 4- SCUOLA MEDIA STATALE MASSARI GALILEI (BARI, ITALIA) 20

7.1 INFORMACIÓN GENERAL 20
7.2 JUSTIFICACIÓN..... 21
CUBIERTAS VERDES..... 21
FACHADAS VERDES 22
PAVIMENTO PERMEABLE 22
7.3 CONCLUSIÓN..... 22

8. RESUMEN Y CONCLUSIONES..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

9. BIBLIOGRAFÍA..... 23

1. SUMMARY IN ENGLISH

This document is part of action C5. "Mainstreaming and transferability at local, national and European level". It presents four reports of recommendations for implementing selected Nature-Based Solutions (NBS) in schools based on the climate and building context. These reports are based on the projects to implement NBS listed in deliverable C5.7. Design of 15 Nature-Based Solutions projects. Four schools from four different countries have been selected: Spain, Portugal, Italy and the Netherlands; to represent different contexts in terms of climate risk areas, type of challenges, solutions and budget.

Each report includes the general situation of the school and provides information on the climate and building situation of the school, taking into account the characteristics of the environment and site-specific conditions. The main challenges and related measures are also included. The main challenges faced by the school are identified and measures that can be implemented to effectively address them are described. The existing levels of green and permeable surfaces are also analysed, considering their current state and their importance as a determining factor in the choice of the most appropriate NBS. This is followed by an evaluation and justification of the selection of each type of NBS, green roofs, green facades, permeable paving, ponds, trees and ventilation protocols. The needs and characteristics of the school are taken into account, such as the situation of the school's façades and roofs with respect to their orientation and the ease of implementing NBS.

1. RESUMEN ESPAÑOL

Este documento es parte de la acción C5. “Integración y transferibilidad a nivel local, nacional y europeo”. Se presentan cuatro informes de recomendaciones para implementar determinadas Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en centros educativos en función del contexto climático y constructivo. Estos informes parten de los proyectos para implementar SbN recogidos en el entregable C5.7. *Diseño de 15 proyectos Natured-Based Solutions.* Se han seleccionado cuatro colegios de cuatro países diferentes: España, Portugal, Italia y Países Bajos; para representar diferentes contextos en cuanto a zonas de riesgo climático, tipo de retos, soluciones y presupuesto.

Cada informe incluye la situación general del colegio y se proporciona información sobre la situación climática y constructiva del colegio, teniendo en cuenta las características del entorno y las condiciones específicas del lugar. También se incluyen los principales retos y medidas relacionadas. Se identifican los principales desafíos a los que se enfrenta el colegio y se describen las medidas que se pueden implementar para abordarlos de manera efectiva. También se analizan los niveles de superficies verdes y permeables existentes, considerando su estado actual y su importancia como factor determinante en la elección de las NBS más adecuadas. A continuación, se hace una evaluación y justificación de la selección de cada tipo de SbN, cubiertas verdes, fachadas verdes, pavimentos permeables, charcas, arbolado y protocolos de ventilación. Se tiene en cuenta las necesidades y características del colegio como la situación de las fachadas y cubiertas del colegio respecto a su orientación y facilidad de implementar SbN.

2. RESUMO EM PORTUGUÊS

Este documento faz parte da acção C5. "Integração e transferibilidade a nível local, nacional e europeu". Apresenta quatro relatórios de recomendações para a implementação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) seleccionadas nas escolas, com base no clima e no contexto do edifício. Estes relatórios baseiam-se nos projectos de implementação de SbN listados no deliverable C5.7. Concepção de 15 projectos de Soluções Baseadas na Natureza. Foram seleccionadas quatro escolas de quatro países diferentes: Espanha, Portugal, Itália e Países Baixos; para representar diferentes contextos em termos de áreas de risco climático, tipo de desafios, soluções e orçamento.

Cada relatório inclui a situação geral da escola e fornece informações sobre o clima e a situação do edifício da escola, tendo em conta as características do ambiente e as condições específicas do local. São também incluídos os principais desafios e as medidas conexas. Os principais desafios enfrentados pela escola são identificados e são descritas as medidas que podem ser implementadas para os enfrentar eficazmente. São também analisados os níveis existentes de superfícies verdes e permeáveis, considerando o seu estado actual e a sua importância como factor determinante na escolha da SbN mais adequada. Segue-se uma avaliação e justificação da selecção de cada tipo de SbN, coberturas verdes, fachadas verdes, pavimentos permeáveis, lagos, árvores e protocolos de ventilação. São tidas em conta as necessidades e as características da escola, tais como a situação das fachadas e das coberturas da escola em relação à sua orientação e a facilidade de implementação da SbN.

3. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este entregable es favorecer y apoyar la implementación y replicación de proyectos de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN – NBS por sus siglas en ingles) en centros educativos. Para ello se elaboran una serie de recomendaciones que faciliten el proceso a las partes interesadas y apoyen la toma de decisiones. Se toma como base 4 ejemplos de proyectos representativos del entregable C5.1. *Diseño de 15 proyectos Natured-Based Solutions*, cubriendo diferentes características geográficas, técnicas y económicas. Este documento sirve de apoyo para la selección de SbN en colegios que quieran adaptarse a los efectos del cambio climático, reduciendo las temperaturas interiores y mejorando el confort térmico.

Este documento se organiza en cuatro informes, uno para cada colegio. La selección de los colegios cubre diferentes tipologías de soluciones, zonas de riesgo climático, retos y presupuesto para cubrir la diversidad de las situaciones y los diferentes contextos que puedan darse y facilitar su replicación en otras áreas. En cada informe se justifica la selección de las SbN para cada colegio y se proporciona información sobre los criterios utilizados para la selección de las soluciones. Estos criterios se basan en el análisis, las características específicas de cada colegio, las oportunidades y los retos planteados. En este caso, las estrategias a implementar van dirigidas a la reducción de las temperaturas interiores y en consecuencia la demanda energética de refrigeración durante el periodo cálido.

La propuesta de las soluciones se basa en las principales categorías de SbN: cubiertas y fachadas verdes, protocolos de ventilación y espacios exteriores como pavimentos verdes, arbolado y estanques. Para cada tipología, se tienen en cuenta los elementos que determinan la idoneidad de una solución frente a otra.

- Cuando se trata de la implementación de cubiertas verdes, es importante considerar el tipo y el material de la cubierta ya existente, ya sea plana o inclinada. Por ejemplo, en este caso, no se han considerado las cubiertas inclinadas con tejas como viables para la implementación de cubiertas verdes debido a las dificultades técnicas y sobrecoste que implican. A su vez, las cubiertas planas se consideran viables para la implementación de estas soluciones, fomentando su accesibilidad por parte del alumnado. Su extensión dependerá en gran medida del presupuesto del que se disponga.
- En cuanto a la implementación de fachadas verdes, se han tenido en cuenta las fachadas mas desfavorables debido a su orientación, siendo la orientación Este y Sur las más desfavorables en el periodo lectivo. También se tienen en cuenta si existen elementos de sombreo como voladizos, edificios y vegetación próximos que sirvan de protección solar a las fachadas.

- En cuanto a los pavimentos permeables, se tiene en cuenta el tipo de pavimento y superficies permeables existentes, así como la necesidad de mejorar la gestión del agua, ya sea por riesgo de inundaciones o para reutilizar las aguas pluviales.
- Al implementar arbolado, se tiene en cuenta la ausencia de elementos de sombreamiento y la necesidad de proporcionar protección solar al edificio o a las zonas exteriores.
- Para la implementación de estanques / charcas, principalmente se tiene en cuenta las altas precipitaciones y la necesidad de gestionar las aguas pluviales, evitando riesgos de inundaciones.
- Para la implementación de protocolos de ventilación para favorecer el enfriamiento nocturno, es necesario tener en cuenta la orientación del edificio, asegurando que las aberturas de ventilación están ubicadas en áreas donde puedan captar corrientes de aire fresco por la noche.

Para cada solución elegida, se recomienda determinar sus características y especificaciones técnicas y económicas (ver entregable C2.4. *Manuales Técnicos para la implementación de prototipos de NBS* y Anexo 1. *mBiG NBS prototypes*), el tipo de vegetación adecuada (ver entregable C2.1. *Guía para la elección de especies vegetales adaptadas al cambio climático*).

Se han elegido tres colegios en la zona de riesgo climático 1 – Sur de Europa y cuenca mediterránea: España, Portugal e Italia; y un colegio de la zona de riesgo climático 3 - Zonas costeras, deltas y llanuras aluviales: Países Bajos. Además, se ha tenido en cuenta que estos cuatro proyectos presentan una variabilidad en cuanto al tipo de soluciones y presupuesto, que abarca desde proyectos de bajo costo (26.214,94 € y 48.178,32 €), coste medio (153.710,56 €) hasta aquellos de alto costo (290.923,97 €).

4. INFORME 1 - OPENBARE BASISSCHOOL HET VOGELNEST (PUBLIC ELEMENTARY SCHOOL HET VOGELNEST)

4.1 Información general

Localización: **Ámsterdam**, Países Bajos; Zona de riesgo climático **3**; Presupuesto: **26.214,94 €**
Superficie verde implementada: **113,3 m²**; Superficie permeable implementada: **138,4 m²**

En función del análisis bioclimático del edificio del entregable *C5.1 – Diseño de 15 proyectos de NBS*, se determina que para aumentar el confort térmico se tienen que aplicar las siguientes estrategias pasivas: sombreamiento de huecos en verano, aprovechamiento de la inercia térmica, gestión de las cargas internas, captación solar y protección frente a vientos exteriores. Según este estudio, inicialmente, el edificio cuenta con un porcentaje de horas de confort en el clima de **3,4%.** Tras la implementación de las NbS ese porcentaje podría aumentar hasta un **39%**. La gestión de las aguas pluviales en esta zona representa un desafío adicisonal, dado que las precipitaciones en esta zona son muy abundantes. Por tanto, es necesario implementar medidas adecuadas para controlar el exceso de agua de lluvia y evitar problemas como inundaciones o erosión del suelo.

A continuación, se evalúan las principales características del edificio a tener en cuenta para implementar los prototipos de NbS:

La principal fachada del edificio es la NO, la cual no recibe insolación directa durante el horario lectivo, por lo que no es objeto de la implementación de fachadas verdes. La otra fachada principal tiene orientación SE, y está protegida por vegetación frondosa. Hay dos muros ciegos en las fachadas SE y NE. Las cubiertas del edificio son inclinadas y de teja, lo que dificulta la implementación y el coste de cubiertas verdes, por lo que no se considera su instalación en este tipo de cubiertas. Hay una pequeña cubierta plana que puede ser objeto de implementar cubiertas verdes y que además puede ser accesible. Por otro lado, el colegio cuenta con un porcentaje medio de superficies verdes y superficies permeables (ambos 38%).

Por ello, las NBS que se seleccionan buscan cumplir con los siguientes objetivos:
- Aumentar los espacios verdes y superficies permeables
- Sombreamiento de huecos
- Protección frente a vientos exteriores
- Mejorar la gestión del agua

4.2 Justificación

Para la escuela primaria publica Het Vogelnest, Amsterdam (Países Bajos), se han propuesto las siguientes SbN: Cubierta verde mBiGCUVE, Fachada verde mBiGFAC, Pavimento permeable y Charca.



Ilustración 1. Plano general de la implementación de NBS en Public Elementary School Het Vogelnest

Cubiertas verdes

El edificio principal cuenta con una cubierta de teja inclinada y con lucernarios; estas características dificultan la implementación de cubiertas verdes y suponen un incremento en el presupuesto y mantenimiento de las mismas. Por este motivo, en este caso no se propone la instalación de cubiertas verdes en esta parte del edificio.

En el caso de la cubierta plana, se propone una cubierta tipo mBIGCUVE, ya que además de aumentar las zonas verdes y permeables, favorece la biodiversidad y genera un nuevo espacio verde accesible. Este prototipo es fácil de implementar, modular y adaptable a la características del edificio. En las cubiertas de este tipo, se recomienda utilizar vegetación del género *Sedum*.

Sin embargo, será fundamental evaluar cuidadosamente las especies más adecuadas para cada lugar en función de su adaptación al entorno, requerimientos hídricos y si son especies autóctonas. De esta manera, se puede garantizar que la cubierta verde tenga un crecimiento saludable y sostenible, y que se pueda disfrutar de sus beneficios estéticos y ambientales a largo plazo.

Fachadas verdes

La fachada principal del edifico (NO) no necesita la implementación de una fachada verde para sombreamiento de huecos, ya que no recibe insolación directa durante el periodo escolar. Las fachadas NE y SE son muros ciegos, por lo que se propone la instalación del sistema mBIGFAC para proporcionar un sistema de sombreamiento a las fachadas que más radiación solar reciben y proteger frente a los vientos externos.

Este prototipo, mediante un sistema de cables soportan el desarrollo de especies vegetales trepadoras paralelo a la fachada y con el nacimiento de la vegetación a nivel del suelo. En este tipo de fachada se propone el uso de vegetación trepadora, siendo fundamental evaluar la especie más adecuada en función de su adaptación al entorno, requisitos hídricos y si son especies autóctonas.

Pavimento permeable

Se opta por sustituir parte del pavimento impermeable existente por un pavimento permeable para mejorar la gestión del agua. El colegio se encuentra en una zona con grandes precipitaciones, por lo que este sistema permite reducir algunos de los riesgos asociados, como la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones. También permite reducir la necesidad de drenaje de aguas pluviales, reduciendo el coste en infraestructuras y mantenimiento.
Hay diferentes tipos de pavimentos permeables. Será recomendable el uso de un tipo o de otro en función de las condiciones específicas del sitio. En este caso, se recomienda un pavimento con juntas vegetales, ya que es una zona peatonal y el pavimento no tiene que soportar grandes cargas de peso, lo que permite que el agua se filtre a través de las juntas y se contribuye a la biodiversidad.

Charca

Al igual que en el caso de los pavimentos permeables, se propone la implementación de una charca para mejorar la gestión del agua en un contexto de altas precipitaciones. Se implementa en una de las zonas verdes del colegio. Se recomienda que este en un punto bajo del terreno para poder canalizar las aguas pluviales hacia la charca. Este prototipo no solo mejora la gestión del agua, también favorece la biodiversidad, ya que juega un papel importante en la formación de pequeños ecosistemas acuáticos. En cuanto al tipo de vegetación, se recomienda utilizar plantas de ribera y de humedales para una mejor adaptación al entorno, como *Iris pseudacorus, Nymphaea alba, Alisma lanceolatum, Potamogeton nodosus, Parthenocissus tricuspidata.*

4.3 Conclusión

Gracias a la implementación de estas soluciones, las áreas verdes experimentan un incremento del 7%, mientras que las áreas permeables aumentan en un 9%. Estos avances permiten alcanzar unos niveles adecuados de superficies permeables y verdes, casi la mitad del total (46%), con un presupuesto bajo (26.214,94 €).

5. INFORME 2 - CEIP CERVANTES (ALBACETE, ESPAÑA)

5.1 Información general

Localización: **Albacete**, España; Zona de riesgo climático **1**; Presupuesto: **153.710,56 €**
Superficie verde implementada: **795 m²**; Superficie permeable implementada: **594 m²**

En función del análisis bioclimático del edificio del entregable *C5.1 – Diseño de 15 proyectos de NBS*, se determina que para aumentar el confort térmico se tienen que aplicar las siguientes estrategias pasivas: sombreamiento de huecos en verano, descarga térmica de la masa del edificio, gestión de las cargas internas y captación solar. Según este estudio, inicialmente, el edificio cuenta con un porcentaje de horas de confort en el clima de **13,9%.** Tras la implantación de las NbS ese porcentaje podría aumentar hasta un **38%**. Las altas temperaturas en los meses de primavera y verano en esta zona representa un desafío adicional. Por tanto, es necesario implementar medidas adecuadas para controlar el aumento de temperatura.

A continuación, se evalúan las principales características del edificio a tener en cuenta para implementar los prototipos de NBS:

La fachada N del edificio, incluye la entrada principal del colegio, la cual cuenta con una zona ajardinada con arbustos grandes y árboles. La otra fachada principal tiene orientación E, y está protegida parcialmente por otro edificio situado en frente. La fachada S que alberga los patios del colegio no tiene ningún tipo de protección, por lo que recibe una elevada radiación solar. La fachada O se encuentra bien protegida por otro edificio situado justo enfrente con una altura similar a la del colegio. Las cubiertas del edificio son planas y a diferentes alturas, lo que facilita la implementación de cubiertas verdes y que sean accesibles desde el interior del edificio. Por otro lado, el colegio cuenta con un porcentaje muy bajo de superficies verdes y superficies permeables (ambos 7%).

Por ello, las NBS que se seleccionan buscan cumplir con los siguientes objetivos:
- Aumentar los espacios verdes y superficies permeables
- Mejorar calidad de aire interior
- Aprovechar enfriamiento nocturno
- Sombreamiento de huecos
- Descarga térmica de la masa del edificio
- Captación solar

5.2 Justificación

Para el colegio CEIP Cervantes de Albacete (España), se han propuesto las siguientes NBS: Cubiertas verdes mBiGCUVE y mBIGCUVE-SUS y Fachada mBiGFAC.



Ilustración 2. Plano general de la implementación de SbN en el colegio CEIP Cervantes (Albacete, España)

Cubiertas verdes

Todas las cubiertas del edificio son planas, lo que facilita la instalación de cubiertas verdes de diferentes tipos y el costo es menor. Las diferentes alturas de las cubiertas, facilitan que se hagan accesibles en caso de que no lo sea, y se puedan acceder desde el interior del centro, aumentando la accesibilidad del alumnado a zonas verdes. Se han seleccionado dos tipos de cubiertas: la cubierta mBIGCUVE y la cubierta mBIGCUVE-SUS debido a su fácil adaptación a diferentes tipos de cubiertas. En este caso no se ha seleccionado la cubierta tipo mBIGBIOSOL, formada por una cubierta verde y placas solares, debido al incremento de costo y la falta de cubrir con un gasto energético elevado.

En este caso las cubiertas se proponen para aumentar las zonas verdes y permeables, favorecer la biodiversidad y genera un nuevo espacio verde accesible. Este prototipo es fácil de

implementar, modular y adaptable a la características del edificio. En las cubiertas de este tipo, se recomienda utilizar vegetación del género *Sedum* y variedades de vivaces y herbáceas tapizantes y de pequeño porte. Sin embargo, será fundamental evaluar cuidadosamente las especies más adecuadas para cada lugar en función de su adaptación al entorno, requerimientos hídricos y si son especies autóctonas. De esta manera, se puede garantizar que la cubierta verde tenga un crecimiento saludable y sostenible, y que se pueda disfrutar de sus beneficios estéticos y ambientales a largo plazo.

Fachadas verdes

La fachada principal del edifico (N, O y E) no necesitan la implementación de una fachada verde para sombreamiento de huecos, ya que no recibe radiación directa durante el periodo escolar o están protegidas en gran medida por los edificios colindantes. Las dos fachadas con orientación sur son las que reciben insolación directa y no cuentan con ningún tipo de protección solar por lo que se eligen para implementar el prototipo de fachada verde mBiGFAC para proporcionar protección a la radiación solar.

Este prototipo, mediante un sistema de cables soportan el desarrollo de especies vegetales trepadoras paralelo a la fachada y con el nacimiento de la vegetación a nivel del suelo. En este tipo de fachada se propone el uso de vegetación trepadora, siendo fundamental evaluar la especie más adecuada en función de su adaptación al entorno, requisitos hídricos y si son especies autóctonas.

Protocolo de ventilación

Se recomienda la aplicación de un protocolo de ventilación mediante la implementación de ventanas monitorizadas, tanto para mejorar la calidad del aire interior, como para aprovechar el enfriamiento nocturno y reducir las temperaturas interiores durante la noche. Para ello, se eligen dos fachadas principales y opuestas que permitan crear ventilación cruzada. En este caso, se eligen las de orientación norte y sur.

5.3 Conclusión

Gracias a la implementación de estas soluciones, las áreas verdes experimentan un alto incremento del 80%, mientras que las áreas permeables aumentan en un 60%. Estos avances permiten alcanzar unos niveles muy altos de superficies verdes y permeables, superando la mitad del total (87% y 67% respectivamente). A pesar de partir de niveles muy bajos de áreas verdes y permeables, con un presupuesto medio (153.710,56 €) se logra un gran incremento en estas superficies con la implementación de SbN, lo que también tiene un impacto significativo en la reducción de las temperaturas.

6. INFORME 3- ESCOLA BÁSICA DE 1º CEB DE RIO DE MOINHOS (ABRANTES, PORTUGAL)

6.1 Información general

Localización: **Abrantes**, Portugal; Zona de riesgo climático **1**; Presupuesto: **48.178,32 €**

Superficie verde implementada: **414 m²**; Superficie permeable implementada: **183 m²**

En función del análisis bioclimático del edificio del entregable *C5.1 – Diseño de 15 proyectos de NBS*, se determina que para aumentar el confort térmico se tienen que aplicar las siguientes estrategias pasivas: sombreamiento de huecos en verano, descarga térmica de la masa del edificio, gestión de las cargas internas y captación solar. Según este estudio, inicialmente, el edificio cuenta con un porcentaje de horas de confort en el clima de **13,5%.** Tras la implantación de las NbS ese porcentaje podría aumentar hasta un **72%**. Las altas temperaturas en los meses de primavera y verano en esta zona representa un desafío adicional. Por tanto, es necesario implementar medidas adecuadas para controlar el aumento de temperatura en el edificio.

A continuación, se evalúan las principales características del edificio a tener en cuenta para implementar los prototipos de NBS:

El centro educativo cuenta con 3 edificios. El primer edificio, ubicada más al norte, cuenta con la fachada principal orientada al norte y sin ningún tipo de protección solar, al igual que la fachada sur. Las fachadas y oeste son muros ciegos. El segundo y tercer edificio, ubicado más al este y oeste tienen características similares, cuenta con la fachada principal al este y sin protección solar mientras que los muros norte y sur son ciegos. El tercer edificio cuenta con una zona arbolada, con arbustos y huerta en la fachada oeste. Las cubiertas del edificio son inclinadas y de teja, lo que dificulta la implementación de cubiertas verdes. Por otro lado, el colegio cuenta con un porcentaje medio de superficies verdes y superficies permeables (ambos **33%**).

Por ello, las NBS que se seleccionan buscan cumplir con los siguientes objetivos:
- Aumentar los espacios verdes y superficies permeables
- Sombreamiento de huecos
- Descarga térmica de la masa del edificio
- Captación solar
- Gestión del agua

6.2 Justificación

Para el colegio Escola básica de 1º ceb de rio de moinhos de abrantes (Portugal) , se han propuesto las siguientes NBS: fachadas verdes mBiGFAC y mBIGFAVE, pavimento permeable mBiGSUVE y arbolado.



Ilustración 3. Plano general de la implementación de NBS en Escola Básica de 1º CEB de Rio de Moinhos (Abrantes, PORTUGAL)

Fachadas verdes

Las fachadas principales del segundo y tercer edifico con orientación este, son las más adecuadas para implementar una fachada verde que proporcione sombreamiento de huecos, ya que recibe insolación directa durante el periodo escolar y cuenta con alto porcentaje de huecos acristalados. Se propone implementar el sistema FAVE, adaptado a las alturas del edificio. Se recomienda este prototipo por ser modular, desmontable y adaptable a cualquier edificio. Es una subestructura ligera y modular que sirve de soporte a distintas soluciones vegetales, separada de la fachada y que se ancla a la misma a nivel de los forjados para facilitar su adaptación a cualquier edificio. La vegetación es trepadora y de hoja caduca, para facilitar el paso de la radiación solar en invierno e impedirlo en verano.

En el caso del primer edificio, se propone la implementación del sistema mBIGFAC para proteger el muro ciego de la fachada este, el cual no cuenta con ningún tipo de protección solar. En este tipo de fachada se propone el uso de vegetación trepadora, siendo fundamental evaluar la especie más adecuada en función de su adaptación al entorno, requisitos hídricos y si son especies autóctonas.

Se decide no intervenir en la fachada norte de los edificios, ya que no recibe radiación solar directa durante el año, en la fachada oeste ya que no recibe radiación durante el periodo escolar y recibe protección por parte de las zonas verdes.

Pavimento permeable

Se opta por sustituir parte del pavimento impermeable existente por un pavimento permeable para mejorar la gestión del agua. El colegio se encuentra en una zona con precipitaciones moderadas, pero con riesgo de inundaciones y escorrentía superficial y erosión del suelo. La solución de pavimento permeable permite disminuir estos riesgos junto con la reducción del coste en infraestructuras de gestión del agua de lluvia y su mantenimiento.
Hay diferentes tipos de pavimentos permeables. Será recomendable el uso de un tipo o de otro en función de las condiciones específicas del sitio. En este caso, se recomienda un pavimento con juntas vegetales, ya que es una zona peatonal y el pavimento no tiene que soportar grandes cargas de peso, lo que permite que el agua se filtre a través de las juntas y se contribuye a la biodiversidad.

Arbolado

La zona exterior este del colegio no cuenta con ningún tipo de sombreado vegetal. Por eso se propone implementar 3 árboles de gran porte en esta zona exterior. La especie seleccionada fue Quercus suber, pero en función de la zona, teniendo en cuenta las temperaturas y precipitaciones, se seleccionarán unas especies distintas, sobretodo especies autóctonas que son las que mejor se adaptan.

5.3 Conclusión

Gracias a la implementación de estas soluciones, las áreas verdes experimentan un incremento del 9%, mientras que las áreas permeables aumentan en un 4%. Estos avances permiten mejorar los niveles de superficies verdes y permeables (24% y 19% respectivamente) con un presupuesto bajo (48.178,32 €). Aunque no se logren alcanzar niveles más altos de superficies permeables y verdes debido principalmente a la falta de implementación de cubiertas verdes, las fachadas verdes tienen un impacto significativo en la reducción de las temperaturas interiores, a pesar de no generar un incremento significativo en las áreas verdes.

7. INFORME 4- SCUOLA MEDIA STATALE MASSARI GALILEI (BARI, ITALIA)

7.1 Información general

Localización: **Bari**, Italia; Zona de riesgo climático **1**; Presupuesto: **290.923,97 €**

Superficie verde implementada: **1110 m^2**; Superficie permeable implementada: **1069 m^2**

En función del análisis bioclimático del edificio del entregable *C5.1 – Diseño de 15 proyectos de NBS*, se determina que para aumentar el confort térmico se tienen que aplicar las siguientes estrategias pasivas: sombreamiento de huecos en verano, descarga térmica de la masa del edificio,sistema de enfriamiento evaporativo, gestión de las cargas internas,captación solar y protección frente a vientos exteriores. Según este estudio, inicialmente, el edificio cuenta con un porcentaje de horas de confort en el clima de **16,9%.** Tras la implantación de las NbS ese porcentaje podría aumentar hasta un **63%**. Las altas temperaturas en los meses de primavera y verano en esta zona representa un desafío adicional. Por tanto, es necesario implementar medidas adecuadas para controlar el aumento de temperaturaen el edificio.

A continuación, se evalúan las principales características del edificio a tener en cuenta para implementar los prototipos de NBS:

La fachada N del edificio, incluye la entrada principal del colegio, la cual está bastante protegida por árboles de gran porte. La fachada E tiene un edificio auxiliar, es un muro parcialmente ciego y se encuentra totalmente expuesta a la radiación. La fachada S tiene algo de arbolado por lo que cuenta con protecciónante la radiación de manera parcial. La fachada O se encuentra muy protegida por arbolado de gran porte. Las cubiertas del edificio son planas y alguna de ellas con placas solares ya instaladas, lo que facilita la implementación de cubiertas verdes. Por otro lado, el colegio cuenta con un porcentaje medio de superficies verdes y superficies permeables (ambos **20%**).

Por ello, las NBS que se seleccionan buscan cumplir con los siguientes objetivos:
- Aumentar los espacios verdes y superficies permeables
- Sombreamiento de huecos
- Descarga térmica de la masa del edificio
- Captación solar
- Gestión del agua

7.2 Justificación

Para el colegio Scuola media statale massari galilei de Bari (Italia) , se han propuesto las siguientes NBS: cubviertas verdes mBIGCUVE y mBIGBIOSOL,fachada verde mBiGFAC y pavimento permeable mBiG-SUVE.



Ilustración 4. Plano general de la implementación de NBS en Scuola Media Statale Massari Galilei (Bari, ITALIA)

Cubiertas verdes

Todas las cubiertas son planas, lo que facilita la instalación de cubiertas verdes tanto técnicamente como económicamente. Se han seleccionado dos tipos de cubierta: la mBiGCUVE y la mBIGBIOSOL. Se ha elegido la cubierta tipo mBIGBIOSOL, que combina una cubierta verde con placas solares, ya que el edificio ya cuenta con las placas solares instaladas, por lo que solo es necesario asociarlas a la cubierta verde para crear este sistema integrado. Por otro lado, la cubierta mBiGCUVE es fácil de es adaptable y fácil de instalar en diferentes tipos de cubierta y superficie.

En este caso las cubiertas se proponen para aumentar las zonas verdes y permeables, favorecer la biodiversidad y genera un nuevo espacio verde accesible. Estos prototipos con fáciles de implementar, modulares y adaptables a la características del edificio. En las cubiertas de este tipo, se recomienda utilizar vegetación del género *Sedum*. Sin embargo, será fundamental evaluar cuidadosamente las especies más adecuadas para cada lugar en función de su adaptación al entorno, requerimientos hídricos y si son especies autóctonas. De esta manera, se puede garantizar que la cubierta verde tenga un crecimiento saludable y sostenible, y que se pueda disfrutar de sus beneficios estéticos y ambientales a largo plazo.

Fachadas verdes

La fachada este es la fachada más expuesta a la radiación solar directa durante el periodo escolar y que no cuenta con ningún tipo de protección solar. Por ello, se recomienda la instalación de la fachada verde mBIGFAC para proteger la fachada.

Este prototipo de tipo mBIGFAC, mediante un sistema de cables soportan el desarrollo de especies vegetales trepadoras paralelo a la fachada y con el nacimiento de la vegetación a nivel del suelo. En este tipo de fachada se propone el uso de vegetación trepadora, siendo fundamental evaluar la especie más adecuada en función de su adaptación al entorno, requisitos hídricos y si son especies autóctonas.

Pavimento permeable

Se opta por sustituir parte del pavimento impermeable existente por un pavimento permeable para mejorar la gestión del agua. El colegio se encuentra en una zona con precipitaciones moderadas, pero con riesgo de inundaciones y escorrentía superficial y erosión del suelo. La solución de pavimento permeable permite disminuir estos riesgos junto con la reducción del coste en infraestructuras de gestión del agua de lluvia y su mantenimiento.
Hay diferentes tipos de pavimentos permeables. Será recomendable el uso de un tipo o de otro en función de las condiciones específicas del sitio. En este caso, se recomienda un pavimento con juntas vegetales, ya que es una zona peatonal y el pavimento no tiene que soportar grandes cargas de peso, lo que permite que el agua se filtre a través de las juntas y se contribuye a la biodiversidad.

7.3 Conclusión

Gracias a la implementación de estas soluciones, tanto las áreas verdes como las áreas permeables experimentan un incremento del 21%. Estos avances permiten mejorar los niveles de superficies verdes y permeables (31%) con un presupuesto alto (290.923,97 €). Estas mejoras también tienen un impacto significativo en la reducción de las temperaturas.

8. BIBLIOGRAFÍA

Entregable C2.1. Guía para la elección de especies vegetales adaptadas al cambio climático

Entregable C5.1. Diseño de 15 proyectos de NBS

Entregable C2.4. Manuales Técnicos para la implementación de prototipos de NBS

Anexo 1. mBiG NBS prototypes. Entregable A2. Elaboración de Bases de Datos sobre NBS y Matriz de trabajo